This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

ARC
0366

257.1

Library of the Museum
OF
COMPARATIVE ZOÖLOGY,
AT HARVARD COLLEGE, CAMBRIDGE, MASS.
Founded by private subscription, in 1861.

Deposited by ALEX. AGASSIZ.

No. 7383
July 5, 1892 - Feb. 9, 1893

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS.
PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1892.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1892.

1133
57-4

Digitized by Google

ARCHIV

FÜR

PHYSIOLOGIE.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG DES
ARCHIVES FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

UNTER MITWIRKUNG MEHRERER GELEHRTEN

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1892.

MIT ABBILDUNGEN IM TEXT UND DREIZEHN TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1892.

Digitized by Google

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

J. v. Kries, Untersuchungen zur Mechanik des quergestreiften Muskels . . . 1
Rudolf Abele, Zur Methode der Flammen-Tachographie. (Hierzu Taf. I.) . . 22
J. Seegen, Zur Zuckerbildung in der Leber 34
G. Hüfner, Zur physikalischen Chemie der Schwimmblasengase. (Hierzu Taf. II.) 54
Johannes Frenzel, Beiträge zur vergleichenden Physiologie und Histologie der Verdauung. Erste Mittheilung. (Hierzu Taf. III u. IV.) 81
Leon Lilienfeld, Haematologische Untersuchungen. Erste Mittheilung. (Hierzu Taf. V u. VI.) 115
Max Dessoir, Ueber den Hautsinn 175
S. J. Meltzer, Die athemhemmenden und -anregenden Nervenfasern innerhalb des Vagus in ihren Beziehungen zu einander und zum Athemmechanismus. (Hierzu Tafel VII—XII.) 340
F. Mall, Der Einfluss des Systems der Vena portae auf die Vertheilung des Blutes 409
Heinrich Boruttau, Zur Frage der specifischen Erregungszeit der motorischen Nervenendigungen. (Hierzu Taf. XIII.) 454
G. Hüfner, Beitrag zur Lehre von der Athmung der Eier 467
H. Chr. Geelmuyden, Von einigen Folgen übergrosser Blutfülle 480
Otto Frank, Die Resorption der Fettsäuren der Nahrungsfette mit Umgehung des Brustgangs 497
H. J. Hamburger, Ueber den Einfluss von Säure und Alkali auf defibrinirtes Blut 513

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1891—92:

Max Levy, Ueber Blutfülle der Haut und Schwitzen 155
René du Bois-Reymond, Ueber Prof. Pictet's gereinigtes Chloroform 158
Herm. Munk, Drei kurze Mittheilungen 162
Katzenstein, Ueber die Medianstellung des Stimmbandes bei Recurrenslähmung 162
N. Zuntz, Ueber die Stellung des Stimmbandes bei Lähmung des Nervus recurrens 163
Gumlich, Ueber die Ausscheidung des Stickstoffs im Harn 164
L. Lilienfeld, Ueber Leukocyten und Blutgerinnung 167
Loewy, Ueber die Athmung im luftverdünnten Raum 545
A. Kossel, Versuche des Hrn. Dr. Monti zur Demonstration der Reductionserscheinungen, welche nach dem Tode in thierischen Geweben auftreten . 547
L. Lilienfeld, Ueber die mikrochemische Localisation des Phosphors in den Geweben 548
L. Lilienfeld, Ueber den flüssigen Zustand des Blutes und die Blutgerinnung 550
N. Zuntz, Beitrag zur Physiologie des Geschmacks 556

Digitized by Google

Digitized by Google

JUL 5

Untersuchungen zur Mechanik des quergestreiften Muskels.

Von

J. v. Kries.

(Nach Versuchen des Herrn Dr. Max Rheinbold.)

Vierte Mittheilung.

Ueber Wechselzuckungen.

Eine lange Reihe von Untersuchungen hat mit allmählich immer grösserer Deutlichkeit herausgestellt, wie verwickelt der Zusammenhang ist, der zwischen den mechanischen Bedingungen, unter denen eine Muskelzuckung sich vollzieht, und ihrer äusseren Erscheinungsweise, ihrem gesammten zeitlichen Verlauf stattfindet.

Es kann daher wohl gegenwärtig als allgemeine Annahme bezeichnet werden, dass die mechanischen Bedingungen, welche im Anfang und im weiteren Verlauf der Zuckungen bestehen, auf die Entwicklung der Thätigkeit selbst einen bedeutenden Einfluss ausüben.

Diese Anschauungen sind in besonders scharfer Formulirung in einer neuerdings unter Leitung von Fick entstandenen Arbeit[1] ausgesprochen und zwar in der speciellen Gestaltung, dass die bei gehemmten Zuckungen (ganz oder zum Theil isometrisch verlaufenden, ebenso bei Schleuderzuckungen) auf den Muskel ausgeübten starken Züge als ein Reiz wirken, der sowohl die contrahirenden, als auch unter Umständen die contractionslösenden Processe beeinflusst. Wenn die Darlegung und Begründung dieser Vor-

[1] Schenck, Beiträge zur Kenntniss von der Zusammenziehung des Muskels. *Pflüger's Archiv.* Bd. 50. S. 166.

Digitized by Google

stellungen, welche thatsächlich mit meinen eigenen sehr nahezu übereinstimmen, bei Schenck grossentheils in der Form einer Ablehnung gewisser früher von mir aufgestellter Sätze erscheint, so möchte ich mir erlauben, dazu Folgendes zu bemerken. Dass man, wie Fick thut, besondere, den thätigen Zustand des Muskels wieder in den erschlafften überführende Processe annehmen muss, nicht aber das „Stadium der sinkenden Energie" einfach als das Aufhören der Thätigkeit auffassen darf, ist von jeher meine Ansicht gewesen und ich habe diese z. B. auch den Erörterungen auf S. 370 und 371 meiner ersten Mittheilung[1] zu Grunde gelegt.

Als das wesentliche Ergebniss jener Arbeit aber habe ich immer den Nachweis betrachtet, dass die unter verschiedenen mechanischen Bedingungen sich vollziehenden Zuckungen nicht verständlich gemacht werden können unter der Annahme eines allemal gleichen (nur durch den Reiz und etwa die Anfangsspannung bestimmten) Verlaufes der natürlichen Länge und Dehnbarkeit, ein Satz, der damals neu war, zu dem aber sehr bald darauf und unabhängig Fick[2] ebenfalls gelangt ist.

Wenn ich bei der theoretischen Deutung der betreffenden Erscheinungen damals vorzugsweise auf die Gleichartigkeit von elastischen und Thätigkeitsveränderungen Gewicht gelegt habe, so ist der Grund dafür nur darin zu suchen, dass mir gerade dieser Punkt damals theoretisch besonders interessant schien. Ich habe aber auf die Möglichkeit anderer Deutungen ausdrücklich hingewiesen; und überhaupt war es nicht meine Ansicht, dass aus dieser Vorstellung allein alle bei der Variirung der Zuckungen zu beobachtenden Erscheinungen erklärt werden könnten; dass dies z. B. bezüglich der erhöhten Endstücke bei den Zuckungen mit Anfangshemmung unangängig ist, leuchtet ein. Ich habe also auch damals schon complicirte Zusammenhänge zwischen den mechanischen Bedingungen und der Entwicklung der Muskelthätigkeit angenommen.

Ein Beispiel hierfür ist die a. a. O. S. 370 aufgestellte Vermuthung, dass durch die Erreichung grösserer Contractionshöhen auch die contractionslösenden Processe mit grösserer Intensität hervorgerufen werden. Ich habe mir daher seit jener Zeit stets gedacht, dass zwei unter verschiedenen mechanischen Bedingungen ausgeführte Zuckungen so zu sagen zwei ganz verschiedene Muskelthätigkeiten darstellen. Zu dieser Anschauung, welche

---

[1] Untersuchungen zur Mechanik des quergestreiften Muskels. *Dies Archiv.* 1880.

[2] Fick, Mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung bei der Muskelthätigkeit. 1882. S. 138. „Das wesentliche Ergebniss der Untersuchung gehemmter Zuckungen .... besteht ... darin, dass ... nicht in einem gewissen Moment der Zuckungen der Muskel immer derselbe elastische Körper ist, welchem je nach der in diesem Augenblick gerade bestehenden Länge ein bestimmter Spannungswerth zukäme."

Digitized by Google

ich allerdings, wie ich gerne zugebe, nicht, oder wenigstens nicht hinreichend deutlich öffentlich ausgesprochen habe, stehen die neuerlichen Anschauungen Fick's keineswegs im Gegensatz, sondern nur in dem Verhältniss einer specielleren Formulirung, indem hier die auf den Muskel ausgeübten Züge geradezu als Reize aufgefasst werden, die den Gang der Thätigkeit modificiren.[1]

Leider wird man zugeben müssen, dass diese Vorstellung gerade wegen ihrer Allgemeinheit (da die Züge sowohl die Thätigkeit als die der Thätigkeit entgegenwirkenden Vorgänge anzutreiben scheinen) nur in geringem Umfange eine theoretische Deduction der Erscheinungen gestattet. Jedenfalls aber reicht sie aus, um für die weiteren Fragestellungen Fingerzeige zu geben; sie hat auch den Anstoss für die nachstehend mitgetheilten, schon sehr lange geplanten, aber erst im Laufe des letzten Sommers ausgeführten Versuche gegeben.

Lässt man alle theoretischen Erwägungen bei Seite, so erscheint als eine der nächstliegenden Fragen der Vergleich der beiden Hauptformen, in welchen die Thätigkeit des Muskels zur Erscheinung kommen kann, der Verkürzung (bei constant bleibendem Zuge) und des Spannungszuwachses (bei constant bleibender Länge). Wir können einen solchen Vergleich in der Weise anstellen, dass wir beide Male die höchsten überhaupt während der Zuckung erreichten Werthe in Betracht ziehen, und finden also, dass ein und derselbe Reiz den Muskel z. B. befähigt, seine Spannung um den Werth s zu vermehren oder aber seine Lange um den Werth h zu vermindern. Schon die einfache Vergleichung dieser beiden Thätigkeitsformen eröffnet ein ziemlich weites Gebiet der Fragestellung, indem die Fähigkeit des Muskels, Spannung einerseits und Verkürzung andererseits zu leisten, unter sehr verschiedenen Verhältnissen geprüft werden kann.

Ohne grosse Schwierigkeit gelingt es, in dieser Hinsicht einige ganz interessante empirische Gesetze aufzufinden. Beobachtet man z. B. bei einem schwach gespannten Muskel die Verkürzungen einerseits und die Spannungszuwächse andererseits, welche durch gleiche Reize hervorgebracht werden, so findet man, dass bei zunehmender Reizstärke das Verhältniss der beiden Leistungen nicht das gleiche bleibt. Man übersieht die That-

[1] Fraglich ist mir allerdings, ob die Bedeutung dieses Moments eine so grosse ist, wie Schenck annimmt, und ob alle Erscheinungen hieraus allein zu erklären sind. Ob z. B. für die damals von mir gefundenen Thatsachen, welche sich auf das Verhältniss von elastischen und Thätigkeitsveränderungen beziehen (Algebraische Summirung von Reiz und Belastungswechsel u. s. w.), die Deutung Schenck's die richtige ist, oder an der von mir damals gegebenen festzuhalten sein wird, scheint mir eine offene Frage.

Digitized by Google

sachen am einfachsten, wenn man dieses Verhältniss durch den Quotienten $\frac{h}{s}$ ausdrückt; es zeigt sich dann hier, dass derselbe mit zunehmender Reizstärke (Oeffnungsinductionsschläge) jederzeit abnimmt. Im Gegensatz hierzu zeigt sich, dass bei hoher Belastung des Muskels die Höhen der isotonischen und der isometrischen Zuckungen annähernd in gleichem Verhältniss zunehmen, der obige Quotient also annähernd constant bleibt.

Lässt man stets maximale Reize auf den Muskel wirken, indem man von Zuckung zu Zuckung die Belastung vermehrt, so nehmen, wie bekannt, die Verkürzungshöhen allmählich ab. Die Spannungszuwüchse dagegen, welche man bei den entsprechenden Anfangsspannungen erhält, bleiben fast genau die gleichen; sie sind also von der Anfangsspannung nahezu unabhängig. Der Quotient $\frac{h}{s}$ nimmt also mit steigender Anfangsspannung des Muskels regelmässig ab. Gerade diese, relativ einfache Vergleichung erscheint indessen verhältnissmässig wenig geeignet, uns einen tieferen Einblick in das Wesen der Muskelthätigkeit zu eröffnen, wenn angenommen werden muss, dass durch die mechanischen Einflüsse, die während des ganzen Verlaufs der Zuckung bestehen, die Entwicklung der Thätigkeit in der mehrerwähnten Weise beeinflusst wird. Wichtiger und interessanter würde es sein, den Zusammenhang dieser beiden Fähigkeiten in einer Weise zu verfolgen, welche die Einmischung derartiger Complicationen ausschliesst. Ob dies möglich ist, kann zwar von vornherein bezweifelt werden. Indessen scheint sich doch ein Weg zu bieten, der wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit zu diesem Ziel zu führen scheint und der also jedenfalls verdient, eingeschlagen zu werden. Es ist dies der folgende. Nehmen wir zunächst an, es sei technisch möglich, die mechanischen Bedingungen während des Zuckungsverlaufs in jeder beliebigen Weise zu gestalten. Es möge nun der Muskel in einem gewissen Stadium der (isotonischen) Zuckung sich mit einer gewissen Geschwindigkeit verkürzen, die wir $\frac{dl}{dt}$ nennen wollen. Bringen wir es dahin, dass gerade in diesem Moment die Möglichkeit der Verkürzung aufhört und der Muskel anfängt Spannungen zu entwickeln, so wird die Geschwindigkeit dieses letzteren Vorganges, die wir $\frac{ds}{dt}$ nennen wollen, zur Beobachtung kommen. Aehnlich könnte man auch den Fortgang der Spannungsentwicklung bei einer isometrischen Zuckung unterbrechen und sie plötzlich in eine isotonische Verkürzung übergehen lassen. Ich will solche Zuckungen Wechselzuckungen nennen und den Punkt, an dem der eine Thätigkeitsmodus an Stelle des anderen tritt, den Umschlagspunkt. Es ist nun einigermaassen wahrscheinlich, dass der Vergleich der an einem solchen Umschlagspunkte zu beobachtenden Geschwin-

Digitized by Google

digkeiten, mit denen Verkürzung bzw. Spannung sich entwickelt, eine Bedeutung besitzt, die von den Reizwirkungen der Züge unabhängig ist. Denn es lässt sich wohl vermuthen, dass die nach Art von Reizen wirkenden Einflüsse der auf den Muskel ausgeübten Züge zu ihrer Entwicklung einer gewissen Zeit bedürfen und somit während der hier betrachteten kleinen Zeittheilchen in den beiden verglichenen Fällen nicht merkliche Unterschiede hervorbringen. Diese Annahme wird für den vorliegenden Fall noch um so mehr gerechtfertigt sein, da hier an dem betreffenden Punkte kein plötzlicher Wechsel des Zuges gesetzt wird, sondern nur eine stetige Veränderung in dem Maasse wie die Muskelthätigkeit selbst sich entwickelt.

Wenn man annehmen will, dass die während eines so kleinen Theils der Zuckung zu beobachtenden Einflüsse der Zug-Verhältnisse rein elastischer Natur sind, so könnte man den Quotienten $\frac{\frac{dl}{dt}}{\frac{ds}{dt}}$ als Ausdruck der in dem betreffenden Augenblick bestehenden Dehnbarkeit des Muskels ansehen. Ich will auch diese Bezeichnung, die sich wegen ihrer Anschaulichkeit empfiehlt, benützen, jedoch, um nicht problematische Anschauungen dadurch zu fixiren, immer nur von der scheinbaren Dehnbarkeit des Muskels sprechen.

Es würde demnach von Interesse sein zu prüfen, ob, event. wie, diese Werthe sich im Verlauf der Zuckung verändern, indem man den „Umschlag" an verschiedenen Stellen des Zuckungsverlaufs, ganz nahe dem Anfang oder mehr und mehr dem Gipfel sich annähernd, eintreten lässt. Ebenso würde zu untersuchen sein, wie sie sich verhalten, je nachdem die Zuckung isotonisch oder isometrisch begonnen hat, der Umschlag in dem einen oder im entgegengesetzten Sinne stattfindet, u. dgl. m. Es soll auf die Reihe der sich darbietenden Versuchsmöglichkeiten sogleich näher eingegangen werden.

Für die praktische Realisirung einer derartigen Versuchsanordnung war eine der wesentlichsten Voraussetzungen durch Fick's Verfahren, bei isometrischen Zuckungen den zeitlichen Verlauf der Spannungen darzustellen, bereits gegeben. Die hier neu auftretende Aufgabe bestand, kurz gesagt, darin, in einem beliebigen Zeitpunkt der Zuckung den isotonischen Verlauf in den isometrischen oder umgekehrt übergehen zu lassen, in beiden Fällen aber bei derselben Zuckung sowohl die Längenveränderungen als die Spannung des Muskels aufzuzeichnen.

Die Erreichung dieses Zweckes gelang ohne besondere Schwierigkeit durch den nachstehend kurz beschriebenen, schon vor etwa vier Jahren construirten Apparat. Der Grundgedanke desselben besteht einfach darin, dass

Digitized by Google

der Muskel mit seinem einen Ende am Spannungschreiber, mit dem anderen am Verkürzungsschreiber angreift. So lange der letztere frei beweglich ist, werden bei Einhaltung bekannter Regeln isotonische Zuckungen aufgeschrieben und der Spannungsschreiber bleibt in Ruhe; sobald aber die Verkürzung verhindert wird und ein Theil der Zuckung isometrisch verläuft, zeichnet der Spannungsschreiber den zeitlichen Verlauf der Spannungszunahme während dieser Zeit.

Wechselzuckungen können im Allgemeinen natürlich von sehr verschiedener Art gedacht werden; es sind aber nur zwei Arten, die leicht zu erzielen sind; diese reichen auch für die hier ins Auge gefassten Fragen aus und auf sie beschränkt sich auch die Einrichtung des Apparates. Die erste dieser Arten besteht darin, dass die Last bei Anfang der Zuckung frei am Muskel hängt, die Zuckung bis zu einen gewissen Punkt isotonisch verläuft, dann aber durch Anschlag des Verkürzungsschreibers an einen festen Widerstand eine weitere Verkürzung gehindert wird. Es folgt dann eine Spannungsvermehrung, also ein isometrischer Theil der Zuckung; ist jedoch die Spannung wieder auf den Werth des ursprünglich auf den Muskel ausgeübten Zuges heruntergegangen, so läuft die Zuckung isotonisch zu Ende. Der ganze Verlauf folgt also dem Schema: Isotonisch, isometrisch, isotonisch. Diese Zuckungen will ich Anschlagszuckungen nennen, da sie durch einen der Fortsetzung des isotonischen Verlaufs widerstehenden Anschlag bewirkt werden.

Die andere Art von Wechselzuckungen ist dagegen identisch mit den schon lange bekannten Ueberlastungszuckungen, denn bei diesen ist ja stets das Verhalten so, dass zuerst eine Spannungsänderung, dann eine Längenänderung und endlich wieder eine Spannungsänderung stattfindet. Im Vergleich zu der Art, wie die Ueberlastungszuckungen ursprünglich hergestellt wurden, ist nur erforderlich Sorge zu tragen, 1. dass während der isometrischen Theile der Zuckung die Spannungsveränderungen zur Darstellung gebracht werden, und 2. dass der mit Verkürzung verlaufende Theil der Ueberlastungszuckung isotonisch gehalten wird. Wir hätten dann hier eine Wechselzuckung von der Form: isometrisch, isotonisch, isometrisch.

Zur Verwirklichung beider Versuchseinrichtungen war somit in der Hauptsache nur erforderlich, den Verkürzungsschreiber mit zwei verstellbaren Hemmungen auszurüsten, von welchen der eine die Verkürzung des Muskels, der andere die Dehnung desselben über einen gewissen beliebig zu wählenden Punkt hinaus zu verhindern hatte.

Bezüglich der genaueren Einrichtung des Apparates werden hiernach einige Bemerkungen genügen. Auf einer Grundplatte von 10 cm im Geviert erheben sich zwei Säulenpaare. Das höhere trägt die Axe des Spannungsschreibers, das niedrigere die des Verkürzungsschreibers. Die Lage der

Digitized by Google

beiden Axen gegen einander ist, wie aus der untenstehenden Fig. 1 ersichtlich, eine solche, dass der Muskel, der mit seinen oberen Ende am Spannungsschreiber an der Axe selbst angreift, zugleich vertical darunter mit seinem unteren Ende einen Punkt des Verkürzungshebels erreicht, welcher 30 mm von der Axe des letzteren entfernt ist. Die letztere Axe liegt also nicht vertical unter der ersteren, sondern um 30 mm gegen dieselbe verschoben und zwar von der Schreibfläche weiter entfernt. Da der Verkürzungshebel bei den Versuchen starken Zügen ausgesetzt wird, welchen er ohne Durchbiegung widerstehen soll, und da er andererseits möglichst leicht sein muss, so ist er nach dem Princip der Wagebalken gearbeitet, wie Fig. 1 zeigt. Auf das abgerundete Ende *s* des Verkürzungshebels wurde ein Grashalm

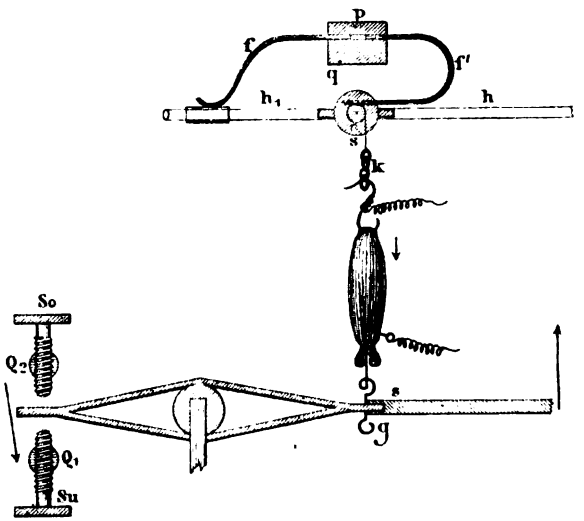


Fig. 1.

Darstellung der myographischen Einrichtung zur Aufzeichnung von Wechselzuckungen.

gekittet, der als eigentlicher Schreibhebel dient und an seinen Ende mittels einer Federpose die Zuckungen aufschrieb. Der Abstand der Schreibspitze von der Axe betrug 110 mm, so dass die Verkürzungen des Muskels in 3·7facher Vergrösserung zur Darstellung kamen. Das entgegengesetzte Ende des Hebels wurde zur Hemmung sowohl der Verkürzungen als der Dehnungen benutzt. Und zwar befand sich zu diesem Ende hinter den beiden erwähnten noch ein drittes Säulenpaar; an diesem waren auf und ab verschiebbar zwei starke Querarme Q_1 und Q_2 der Fig. 1, welche von den Schrauben S_o und S_u durchbohrt waren. Die obere Schraube dient, wie ersichtlich, dazu, um eine Dehnung des Muskels zu verhindern; sie kommt

Digitized by Google

also bei den Ueberlastungszuckungen ins Spiel. Die untere hindert die Verkürzung, functionirt also bei den Anschlagszuckungen. Die Verschiebung der Querarme auf ihren Säulen gestattet eine grobe, die Schrauben eine feine Einstellung beider Anschläge. Auch kann natürlich jeder derselben leicht ganz ausser Function gesetzt werden.

Was die Einrichtung des Spannungsschreibers anlangt, so war dieselbe zumeist die in der Fig. 1 dargestellte. Es befand sich an der Axe der Hebel h_1, welcher gegen die Uhrfeder f arbeitet und dieselbe biegt. Auf den nach der entgegengesetzten Seite gerichteten Vorsprung h wurde in gleicher Weise wie beim Verkürzungsschreiber ein Grashalm mit Federpose befestigt. Neben der Uhrfeder kamen gelegentlich auch noch andere elastische Apparate zur Verwendung, deren Verknüpfung mit dem Hebel dann auch eine andere war. Da es unter allen Umständen schwierig ist, den Spannungsverlauf isometrischer Zuckungen ganz ohne Einmischung von Eigenschwingungen des Apparates aufzuzeichnen, so erschien die obige Einrichtung, bei welcher das Schleifen der Feder auf dem Hebel eine leichte Dämpfung bewirkt, vortheilhafter, als die Vermeidung dieser Reibung z. B. dadurch, dass der Hebel unter Vermittelung eines Fadens an der Feder zieht. Zuweilen wurde sogar die Reibung absichtlich noch etwas verstärkt, indem auf die Axe eine kleine Scheibe gesetzt wurde, gegen welche eine andere Uhrfeder f′ andrückte. Vgl. hierüber die genaueren Mittheilungen in der Dissertation des Hrn. Rheinbold.[1]

In Bezug auf das Myographion ist ferner noch des Arrangements der Lasten kurz Erwähnung zu thun. Für Anschlagszuckungen und mässige Belastungen lag kein Grund vor, an dem ursprünglich von Fick zur Erzielung isotonischer Zuckungen benutzten Verfahren etwas zu ändern; es genügt das an einem um die Axe geschlungenen Faden ziehende Gewicht. Für die hier beabsichtigten in ihrem Mittelstück isotonisch zu haltenden Ueberlastungszuckungen reicht aber dies Verfahren nicht aus, weil man sehr starke Züge (200—300 grm am Muskel) nöthig hat und nicht wohl so gewaltige Gewichte (bis nahe 5 kgr) an die Axe des Myographions hängen kann. Es wurde deshalb hier der elastische Zug von Gummistreifen benutzt, welche in gleichem Abstande von der Axe wie der Muskel selbst (an dem Häkchen g der Fig. 1) angriffen. Allerdings liegt es ja in der Natur der Sache, dass beim Stattfinden einer Verkürzung die Fäden gedehnt werden, ihre Spannung und der auf den Muskel ausgeübte Zug also mehr oder weniger wächst. Nimmt man indessen die Fäden sehr lang (bis 50 cm), so ist diese Veränderung bei den kleinen Excursionen des Muskels sehr geringfügig.

[1] M. Rheinbold. Zur Mechanik der Muskelzuckung. *Inaugural-Dissertation.* Freiburg 1892.

Digitized by Google

Aufgezeichnet wurden die Zuckungen auf eine durch ein fallendes Gewicht angetriebene Trommel, welche in der Hauptsache nach der von Fick beschriebenen construirt und deren Bewegungen sehr gleichmässig waren. Es wurden dabei, wie aus den obigen Zeichnungen schon erhellt, die Verkürzungen nach oben, die Spannungsvermehrungen nach unten geschrieben.

Als Präparat diente stets das bekannte Fick'sche Doppelpräparat (Semimembranosus und Gracilis beider Seiten, mit ihrem Beckenansatz zusammenhängend) von grossen Esculenten; die Muskeln wurden uncurarisirt verwendet.

Als Hauptbedenken steht natürlich dem ganzen Versuchsplan die Frage gegenüber, ob es gelingen werde eine solche Promptheit der Zeichenapparate zu erzielen, dass die kleinen am Umschlag gelegenen Stücke der einzelnen Curven hinlänglich sicher verglichen werden können. Eine Entstellung durch die Trägheit der Hebel ist gerade hier zu fürchten, da immer der eine derselben ganz plötzlich in Bewegung gesetzt werden muss. Thatsächlich nun lehren die Versuche, dass die zu ermittelnden Steilheiten ganz gut und zuverlässig gefunden werden können, weil fast immer die Curven während ziemlich erheblicher Stücke annähernd gradlinig verlaufen. Die Zeichnung der Verkürzungscurven ist eine ganz tadellose. Sie setzen bei den Ueberlastungscurven ganz scharf und mit voller Steilheit ein, so dass eine Entstellung dicht am Umschlage durch die Trägheit nicht zu bemerken ist; dass beim Anschlagen der Schreibhebel etwas erzittert und so die eigentlich zu fordernde Horizontale kleine Oscillationen zeigt, hat natürlich nichts zu sagen. Bei den Spannungscurven ist dagegen die Zeichnung nicht ganz so vollkommen. Das Moment des stark zu beschleunigenden Hebels stellt hier an dem sehr kurzen Hebelarm, an dem der Muskel angreift, ziemlich erhebliche Spannungen dar. Demgemäss ist zuweilen bemerkbar, dass die Curve nicht sogleich mit ihrer richtigen Steilheit einsetzt, sondern diese erst in einen allerdings äusserst kurzen, aber doch in der Zeichnung bemerkbaren Zeit erreicht. Gleichwohl gelingt auch hier die Ermittlung des gewünschten Werthes meist ganz gut, weil von da ab die Curve mit einer nur langsam sich ändernden Steilheit weiter verläuft, so dass der wahre Werth der am Umschlage stattfindenden Steilheit ohne erheblichen Fehler mit jenem identificirt werden kann.

Die Messung der Steilheiten geschah mittels eines einfachen, zu diesen Zweck construirten Apparates, eines Transporteurs, mit einem um den Mittelpunkt drehbaren Lineal, dessen Kante einen Radius darstellt und dessen Neigung gegen die Basis an der Gradtheilung abzulesen war. Die Kante des Lineals wurde der zu messenden Curve als Tangente angelegt und festgehalten, sodann der Transporteur so gedreht, dass die Basis der Abscissenlinie parallel stand und die Neigung der beiden Linien gegen einander abgelesen.

Digitized by Google

1. Ueberlastungszuckungen.

Von den verschiedenen oben schon erwähnten Arten der Wechselzuckungen bespreche ich zunächst die Ueberlastungszuckungen. Bei diesen schliesst sich an den isometrischen Anfang der Zuckung ein isotonisch verlaufendes Mittelstück. Wenn man die Grössen der Ueberlastung in einer Reihe aufeinander folgender Zuckungen successive vermehrt, so rückt der Umschlagspunkt den Zuckungsgipfel immer näher. Die Figur 2 zeigt das Ergebniss eines derartigen Versuchs. Man sieht, dass die einzelnen Verkürzungscurven sich immer später von der Abscisse abheben; ebenso sieht

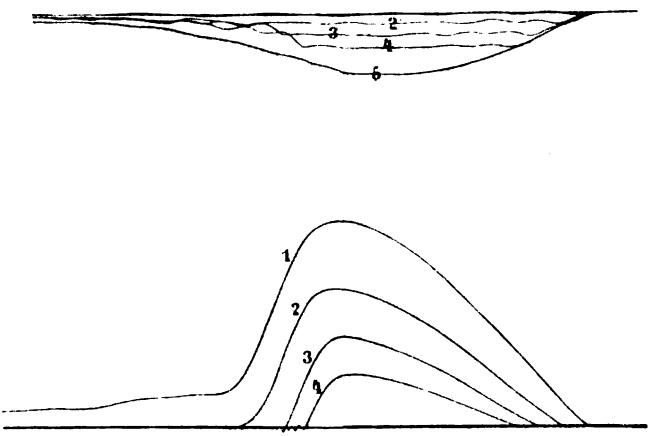


Fig. 2.

Verlauf der Spannungen (obere Curven) und Verkürzungen (untere Curven) bei Ueberlastungszuckungen. Die untere Curve 1 ist isotonisch; ihr entspricht also oben keine merkliche Abweichung von der Abscisse. Die obere Curve 5 ist isometrisch; zu ihr gehört also keine Verkürzungscurve. Die übrigen (2, 3, 4) gehören nach den Nummern zusammen.

man, dass an den Spannungscurven sich ein horizontales, dem mit Verkürzung verlaufenden Theil der Zuckung entsprechend, sich an einem immer späteren Punkte von dem Verlaufe der ganz isometrischen Curve ablöst. Achtet man auf die Steilheiten, so sieht man, dass die Verkürzungscurven sich mit immer geringerer Steilheit abheben. Im Gegensatz hierzu ist die Steilheit der Spannungscurven an all den Punkten, in denen der Umschlag erfolgt, nahezu die gleiche. Es ist also hier aus den Figuren unmittelbar ersichtlich, dass im Fortgang der Zuckung der Muskel immer weniger befähigt ist Verkürzung zu leisten, während seine Fähigkeit Spannungen zu erzeugen relativ bedeutend bleibt.

Digitized by Google

Dieses Ergebniss findet sich nun unter den hier vorliegenden Versuchsbedingungen ganz constant. Wir können es kurz dahin ausdrücken, dass der Quotient $\frac{\frac{dl}{dt}}{\frac{ds}{dt}}$ oder die scheinbare Dehnbarkeit des Muskels im Verlauf der Ueberlastungszuckung fortdauernd abnimmt, je mehr man sich dem Zuckungsgipfel annähert. Als Beleg hierfür möge die folgende Tabelle dienen.

Tabelle I.

Ueberlastungszuckungen.

Datum des Versuchs	Nummer der Zuckung	Steilheit am Umschlagspunkte in Winkelgraden der Verkürzungscurve	Steilheit am Umschlagspunkte in Winkelgraden der Spannungscurve	Quotient	Bemerkungen
12./VI. 1891 Nr. 3	1	37·4	25·2	1·48	Belastung 10 grm
	2	30·25	23·6	1·28	
	3	21·5	22·6	0·95	
12./VI. 1891 Nr. 2	1	26·25	16·0	1·64	Belastung 10 grm
	2	22·24	15·7	1·41	
	3	13·9	15·4	0·903	
11./VI. 1891 Nr. 1	1	40·0	49·3	0·81	Belastung 10 grm
	2	37·0	54·0	0·68	
	3	30·4	48·7	0·62	
	4	25·3	46·2	0·54	
	5	17·25	44·9	0·36	
31./VI. 1891 Nr. 1	1	62·6	63·0	0·993	Belastung 100 grm
	2	58·9	65·0	0·906	
	3	54·6	70·7	0·772	
	4	52·4	74·1	0·707	
	5	36·5	74·8	0·48	
19./VI. 1891 Nr. 1	1	41·1	48·4	0·84	Belastung 100 grm
	2	38·2	63·0	0·606	
	3	35·2	66·0	0·53	
	4	28·8	66·0	0·43	
3. VII. 1891 Nr. 4	1	42·5	26·0	1·635	Belastung 10 grm
	2	37·0	32·5	1·138	
	3	31·7	41·0	0·773	
	4	26·2	44·0	0·595	
	5	17·1	43·0	0·398	

Digitized by Google

Aus derselben ist zugleich ersichtlich, dass es für den Gang der Erscheinung ohne wesentlichen Belang ist, ob die Anfangsspannung der Muskeln eine geringe oder hohe ist.

2. Anschlagszuckungen erster Combination (gleiche Belastung).

Der nahe liegende Verallgemeinerung des eben besprochenen Resultats stehen nun aber sogleich die Ergebnisse der Anschlagszuckungen gegenüber. Wir können bei den Anschlagszuckungen den Umschlag zunächst dadurch dem Zuckungsgipfel annähern, dass wir die Belastung und somit die Anfangslänge des Muskels ungeändert lassen, aber die Anschlagsschraube von Zuckung zu Zuckung verstellen, so dass der Zuckungswechsel bei einem immer höheren Contractionsgrade stattfindet. Da dies nur eine Methode ist, wie wir die Anschlagszuckungen zu einer Serie verbinden können (eine andere werden wir sogleich noch zu erwähnen haben), so will ich Reihen von dieser Art Anschlagszuckungen erster Combination

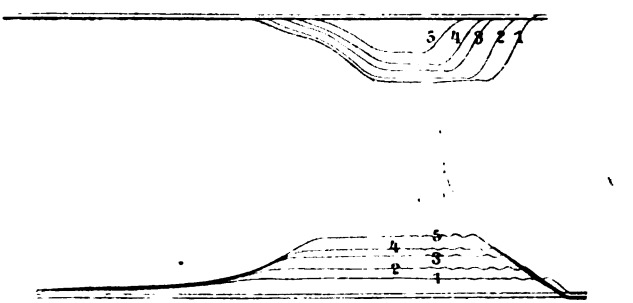


Fig. 3.

Verlauf der Spannungen (obere Curven) und Verkürzungen (untere Curven) bei Anschlagszuckungen erster Combination. Die Curven mit gleicher Nummer gehören derselben Zuckung an.

nennen. Ein Beispiel derartiger Versuche zeigt die Fig. 3. Man sieht hier die Verkürzungen successive zu immer grösseren Höhen aufsteigen; hier löst sich also das horizontale Stück immer später von der Linie der ganz isotonischen Zuckung ab. Entsprechend zeigen die Spannungen eine Reihe von Zeichnungen, die successive immer später einsetzen. Die Betrachtung der Steilheiten aber stellt hier das entgegengesetzte Verhalten, wie bei den Ueberlastungszuckungen heraus. Die Steilheit der ganz isotonischen Curve bleibt nämlich noch während des ganzen Zuckungstheiles in dem hier die Umschläge erfolgen, annähernd (oft sogar genau) die gleiche. Dagegen nehmen die Steilheiten, mit denen die Spannungscurven

Digitized by Google

sich entwickeln, von Zuckung zu Zuckung ab, oft, insbesondere wenn man dem Gipfel nahe kommt, sehr erheblich. Die früher ins Auge gefassten Quotienten $-\frac{\frac{dl}{dt}}{\frac{ds}{dt}}$ oder die scheinbaren Dehnbarkeiten werden daher immer grösser.

Als zahlenmässiger Beleg diene die nachfolgende Tabelle II.

Tabelle II.

Anschlagszuckungen erster Combination (constante Anfangsspannung, steigende Höhe des Anschlages).

Datum des Versuchs	Nummer der Zuckung	Steilheit am Umschlagspunkte in Winkelgraden der Verkürzungscurve	Steilheit am Umschlagspunkte in Winkelgraden der Spannungscurve	Quotient	Bemerkungen
	1	56·6	58·1	0·97	
	2	57·9	55·0	1·05	
3./VII. 1891	3	58·6	51·1	1·14	Belastung 10 grm
	4	58·7	39·0	1·50	
	5	56·5	29·7	1·90	
	1	56·6	58·0	0·975	
	2	57·0	54·2	1·052	
3./VII. 1891	3	58·6	49·7	1·180	Belastung 10 grm
	4	58·8	39·5	1·49	
	5	56·5	29·2	1·935	
	2	38·2	18·7	2·043	
12./VI. 1891	3	39·6	17·2	2·30	Belastung 10 grm
	4	41·8	12·7	3·29	
	1	42·0	61·0	0·687	
	2	45·0	61·5	9·732	
11./VI. 1891 Nr. 2	3	47·6	51·5	0·924	Belastung 10 grm
	4	44·2	30·5	1·450	
	5	45·0	21·7	2·07	
	1	69·1	74·5	0·927	Belastung 10 grm. Der Versuch umfasst nur etwa die Hälfte von dem aufsteigenden Schenkel der Zuckung. Der Umschlag ist also dem Gipfel nicht genügend angenähert, um das sonst bemerkbare Verhalten zu zeigen.
	2	69·0?	73·3	0·941	
31./VI. 1891	3	68·0?	73·0	0·931	
	4	67·7	73·6	0·919	
	5	65·0	71·6	0·908	
	6	66·5	70·5	0·943	

Digitized by Google

Fortsetzung der Tabelle II.

Datum des Versuchs	Nummer der Zuckung	Steilheit am Umschlagspunkte in Winkelgraden der Verkürzungscurve	Steilheit am Umschlagspunkte in Winkelgraden der Spannungscurve	Quotient	Bemerkungen
19./VI. 1891 Nr. 3 100 grm	2	28·9	55·7	0·519	
	3	28·7	48·0	0·597	Belastung 100 grm
	4	25·7	33·5	0·797	
20./VI. 1891 100 grm	1	40·0	68·0	0·588	
	2	41·5	66·7	0·622	Belastung 100 grm
	3	41·7	39·2	1·064	
31./VI. 1891	1	55·2	70·1	0·787	
	2	48·5	69·0	0·702	
	3	46·5	66·5	0·699	Belastung 100 grm
	4	46·0	61·8	0·745	
	5	44·2	51·0	0·867	
	6	45·5	34·0	1·34	
3./VII. 1891 Nr. 2	1	33·7	64·0	0·52	
	2	38·7	65·0	0·595	
	3	38·6	65·0	0·593	
	4	38·0	62·5	0·588	Belastung 100 grm
	5	37·9	59·9	0·63	
	6	37·0	44·5	0·83	
	7	(35·0)	(19·6)	1·7	
1./VII. 1891 Nr. 1 *B*	1	36·6	61·6	0·594	
	2	35·2	59·20	0·595	
	3	35·1	58·1	0·604	Belastung 100 grm
	4	34·2	54·5	0·628	
	5	34·0	48·2	0·705	

Auch die Zunahme der scheinbaren Dehnbarkeiten bei einer in der beschriebenen Weise hergestellten Reihe von Anschlagszuckungen ist eine ganz constante Erscheinung. Nur sind die Erscheinungen insofern wechselnd, als manchmal die Abnahme sogleich von Anfang an sich bemerklich macht, manchmal aber einige Quotienten von nahe gleichem Werth sind und erst näher dem Zuckungsgipfel die Zunahme sich einstellt.

Auch hier macht es keinen bemerkbaren Unterschied, ob die Zuckungen mit grosser oder mit kleiner Belastung ausgeführt werden. Wenn nun im Fortgange der Ueberlastungszuckung der Muskel immer weniger befähigt

Digitized by Google

erschien Verkürzung zu leisten, während er die Spannung noch stark zu vermehren im Stande ist, seine scheinbare Dehnbarkeit also abnahm, so bildet hierzu die eben in den Anschlagszuckungen constante Thatsache einen gewissen Gegensatz: hier nimmt die scheinbare Dehnbarkeit im Verlauf der Zuckung zu.

3. Anschlagszuckungen zweiter Combination.

Die Ueberlegung, worin der Grund dieses Unterschiedes zu suchen sei, führt nun sogleich auf einen jedenfalls wichtigen Punkt, in dem sich die beiden Versuchsweisen unterscheiden. Es erfolgt nämlich der Umschlag bei einer Reihe von Ueberlastungszuckungen allemal bei derselben Muskellänge; bei der Serie von Anschlagszuckungen dagegen findet der Anschlag je mehr er an das Contractionsmaximum verlegt wird, mit immer geringerer Länge statt. Auf die etwaige Bedeutung dieses Umstandes für die Auffassung der Erscheinungen soll sogleich zurückgekommen werden. Zunächst wird hierdurch, wie man sieht, der Gedanke einer abgeänderten

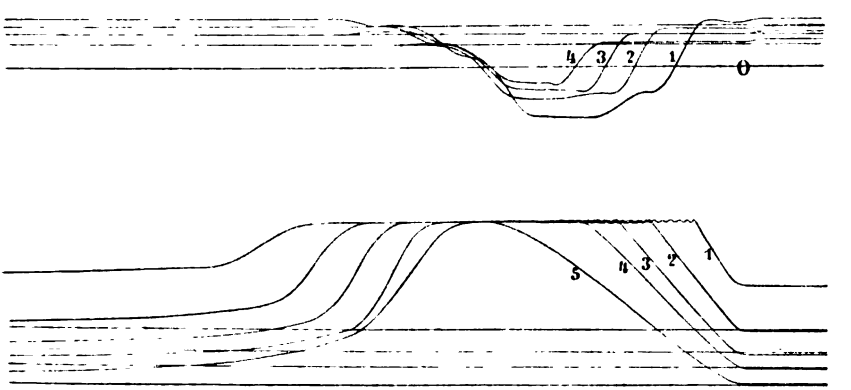


Fig. 4.

Verlauf der Spannungen (obere Curven) und Verkürzungen (untere Curven) bei Anschlagszuckungen zweiter Combination. Die zusammengehörigen Curven sind mit der gleichen Zahl bezeichnet. Curve 5 isotonisch.

Art, oder besser gesagt, einer anderen Combination der Anschlagszuckungen nahe gelegt, derart, dass auch bei ihnen der Umschlag stets bei der gleichen Länge des Muskels erfolgt. Dies ist leicht zu erreichen, indem man die Stellung der Anschlagsschraube constant lässt, den Muskel aber von Zuckung zu Zuckung stärker anspannt, so dass jede folgende Zuckung von einer tieferen Abscisse beginnt; der Umschlag erfolgt also dann stets

Digitized by Google

bei gleicher Länge des Muskels, aber gleichwohl in jeder folgenden Zuckung näher dem Gipfel, also bei höheren Thätigkeitsgraden. Solche Reihen will ich Anschlagszuckungen zweiter Combination nennen.

Bei diesen Zuckungen nun mit zunehmender Belastung und gleichbleibendem Umschlagspunkt zeigt sich, dass die scheinbare Dehnbarkeit sehr annähernd constant bleibt, ganz zuletzt aber, dem Zuckungsgipfel ganz nahe, oft noch deutlich zunimmt. Man kann auch dies aus den Zeichnungen unmittelbar, wenigstens annähernd, ersehen. So lässt z. B. Fig. 4, welche einen derartigen Versuch darstellt, erkennen, dass die beim Umschlag vorhandenen Steilheiten beider Curven annähernd in dem gleichen Maasse abnehmen, während der Umschlagspunkt dem Zuckungsgipfel angenähert wird. Man vergleiche ferner auch hier die Tabelle III, welche die Resultate einer Anzahl solcher Versuche zahlenmässig ausdrückt.

Tabelle III.

Anschlagszuckungen zweiter Combination

(zunehmende Anfangsspannung; Länge des Muskels beim Umschlage constant).

Datum des Versuchs	Nummer der Zuckung	Steilheit am Umschlagspunkte in Winkelgraden der Verkürzungscurve	Steilheit am Umschlagspunkte in Winkelgraden der Spannungscurve	Quotient	Bemerkungen
	1	49·5	57·4	0·862	
2./VII. 1891	2	47·7	55·8	0·855	
Nr. 1	3	45·2	56·3	0·803	
	4	45·1	36·5	1·236	
	1	49·1	49·5	0·992	
2./VII. 1891	2	47·8	50·5	0·947	
Nr. 2	3	46·0	44·7	1·029	
	4	45·5	47·1	0·966	
	1	55·6	61·7	0·901	
1./VII. 1891	2	49·2	60·9	0·808	
Nr. 1 *A*	3	44·8	52·8	0·849	
	4	38·5	30·0	1·028	
	1	57·5	62·5	0·9195	
17./VI. 1891	2	52·3	61·9	0·845	
Nr. 2	3	49·4	60·4	0·818	
	4	45·7	54·2	0·843	

Digitized by Google

Fortsetzung der Tabelle III.

Datum des Versuchs	Nummer der Zuckung	Steilheit am Umschlagspunkte in Winkelgraden der Verkürzungscurve	Steilheit am Umschlagspunkte in Winkelgraden der Spannungscurve	Quotient	Bemerkungen
	1	65·5	71·8	0·912	
31./VI. 1891	2	55·5	71·0	0·781	
Nr. 3	3	52·5	64·5	0·814	
	4	47·0	45·1	1·042	
	1	43·4	52·4	0·828	
26. VI. 1891	2	36·7	46·0	0·798	
Nr. 2	3	35·5	36·0	0·986	
	1	55·0	57·0	0·965	
17./VI. 1891	2	52·7	59·6	0·884	
Nr. 1	3	46·5	52·0	0·892	
	1	62·0	73·4	0·84	
	2	61·4	73·5	0·83	
3./VII. 1891	3	57·9	71·5	0·809	
Nr. 1	4	54·4	64·25	0·84	
	5	53·7	56·7	0·94	
	6	50·0	(25·7)	1·94	
	1	61·0	72·25	0·803	
	2	64·1	76·2	0·84	
25./VI. 1891	3	59·5	74·0	0·804	
Nr. 6	4	58·25	71·0	0·82	
	5	53·1	56·9	0·93	
	1	52·0	54·7	0·950	
25./VI. 1891	2	48·7	60·3	0·807	
Nr. 7	3	46·3	58·0	0·79	
	4	46·0	31·7	1·45	

Wir können die Regeln, welche die besprochenen drei Versuchsweisen ergeben, folgendermaassen übersichtlich darstellen. Wenn der Umschlagspunkt dem Gipfel der Muskelzuckung angenähert wird, also successive auf höhere Thätigkeitsgrade des Muskels fällt, so verhält sich

Digitized by Google

	Anfangs-spannung des Muskels	Länge beim Umschlag	Belastung beim Umschlag	Scheinbare Dehnbarkeit beim Umschlage
Ueberlastungszuckungen	constant	constant	zunehmend	abnehmend
Anschlagszuckungen erster Combination	constant	abnehmend	constant	zunehmend
Anschlagszuckungen zweiter Combination	zunehmend	constant	zunehmend	constant (zunehmend)

Obwohl ich das hier Mitgetheilte zunächst nur als eine rein empirische Ermittelung gewisser, relativ einfacher bei der Muskelzuckung zu beobachtenden Thatsachen betrachtet wissen möchte, so ist es doch zu naheliegend, einige theoretische Ueberlegungen daran zu knüpfen, als dass ich dies ganz umgehen möchte.

Nehmen wir zunächst die „scheinbaren Dehnbarkeiten" als wirkliche Dehnbarkeiten, also als Ausdruck der dem Muskel jeweils inne wohnenden elastischen Kräfte, so würden die Versuche zeigen, dass diese bei zunehmendem Thätigkeitsgrade sowohl zu- als abnehmen können. Hierbei würde zu berücksichtigen sein, dass die Dehnbarkeit das eine mal immer bei gleicher Spannung (Anschlagszuckungen I) das anderemal dagegen bei von Fall zu Fall zunehmender Spannung beobachtet wird. (Ueberlastungszuckungen.) Man kann natürlich dies auf die bekannte Eigenschaft des Muskels wie der Gewebe überhaupt beziehen, derzufolge ihre Dehnbarkeit mit zunehmender Belastung abnimmt. Indessen stehen dieser Auffassung die Anschlagszuckungen zweiter Combination entgegen; bei diesen wird ebenfalls die Dehnbarkeit in jeder folgenden Zuckung bei höherer Spannung untersucht und sie bleibt gleichwohl constant oder nimmt sogar zu. Man wird daher, glaube ich, nicht umhin können, anzunehmen, dass die Dehnbarkeit des Muskels bei äusserlich ähnlichen Contractionszuständen und auch bei ähnlichen Spannungen geprüft eine verschiedene sein kann. Am interessantesten erscheint das ganze Verhalten, wenn man bemerkt, in welcher Beziehung die bei dem Umschlage zu bemerkende Dehnbarkeit (oder das Verhältniss der beiden Leistungsfähigkeiten des Muskels) zu der Art und Weise steht, in welcher das Stück der Zuckung bis zum Umschlag verlief. Man sieht nämlich dann, dass ein Muskel, der während des Zuckungsbeginns auf Verkürzung in Anspruch genommen wurde, bei ansteigender Thätigkeit immer geeigneter erscheint Verkürzungen und immer weniger geeignet Spannungszunahme zu leisten. Im Gegensatz wird ein Muskel, der auf Spannung

Digitized by Google

in Anspruch genommen wird, immer geeigneter Spannung und immer weniger geeignet Längenveränderungen zu erzeugen. Eine derartige Einrichtung erscheint in überraschendem Grade zweckentsprechend. Auch kann es nach dem, was bereits als constatirt gelten kann, nicht so sehr befremden, wenn hier vorgestellt wird, dass die während der Zuckung anwachsende Spannung im Fall der Ueberlastungszuckungen den Modus der Muskelthätigkeit in gewisser Weise beeinflusst. Allerdings aber wird man sich wohl schwer entschliessen, wie es hiernach erforderlich scheint, eine Einrichtung der Muskelfaser anzunehmen, die sie gewissermaassen zu verschiedenen Thätigkeitsformen befähigt, von denen die eine der Spannungsentwicklung, die andere den Längenveränderungen günstiger wäre. Viel näher liegend ist es jedenfalls in Anknüpfung an die Betrachtungen Dreser's[1] davon auszugehen, dass die Dehnbarkeit des Muskels ganz wesentlich davon abhängen muss, eine wie grosse Zahl seiner Fasern die Last trägt. Am einfachsten wird man so die bei den Anschlagszuckungen erster Combination beobachtete Zunahme der Dehnbarkeit dahin deuten, dass in dem Maasse wie der Muskel sich verkürzt, eine immef kleinere Zahl von Fasern noch als tragend ins Spiel kommt. In der That können wir uns wohl denken, dass namentlich bei geringer Belastung und frei vor sich gehender Verkürzung nur ein Theil aller Fasern die höchsten Grade der Zusammenziehung bedingt. Lassen wir, nahe der Höhe einer derartigen Zuckung, die Möglichkeit der Verkürzung aufheben und den Zuckungsmodus in den isometrischen umschlagen, so ist, eben wegen der kleinen Zahl der noch wirksamen Fasern, die Spannungsleistung eine viel geringere.

Es scheint ferner, dass, um eine möglichst ausgiebige Betheiligung aller Fasern und also nahe dem Zuckungsmaximum möglichst geringe Dehnbarkeiten zu erzielen, es nicht ausreicht, dem Muskel eine grosse Anfangsspannung zu ertheilen, sondern vielmehr erforderlich ist, die Spannung während des Zuckungsverlaufs zunehmen zu lassen. Die Eingangs dieser Mittheilung erwähnten Thatsachen, ganz besonders auch die schon lange bekannte Abhängigkeit der chemischen Umsetzungen von dem der Zuckung geleisteten Widerstand, können ohne Zweifel einer derartigen Annahme nur zur Stütze dienen. Zu ihr passt auch gut der Umstand, dass die in der Nähe des Zuckungsgipfels zu beobachtende Dehnbarkeit auch bei der gleichen Länge des Muskels eine ungleiche sein kann, und zwar bei Ueberlastungszuckung geringer ist als bei den mit hoher Spannung ausgeführten Anschlagszuckungen, wie uns der Vergleich der Ueberlastungszuckung mit den Anschlagszuckungen zweiter Combination lehrt. Ich glaube auch nicht, dass diese Vor-

[1] *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmacologie.* Bd. 27.

Digitized by Google

stellung durch den Umstand, dass „maximale Reize“ angewandt wurden, ausgeschlossen ist. Denn was ist schliesslich der maximale Reiz? Nur dies ist ihm eigenthümlich, dass durch weitere Verstärkung desselben Reizmodus eine weitere Vermehrung des Effects nicht auftritt. Ob dabei sämmtliche Fasern in „maximale Zuckungen“ versetzt werden, kann sehr bezweifelt werden.

Auch die oben erwähnten Thatsachen, welche sich nur auf die Gipfelhöhe beziehen, dürften sich ähnlichen Auffassungen leicht einordnen lassen. Wir sehen z. B. den Muskel zur Erzeugung von Spannungen vorzugsweise wenig dann geeignet, wenn er durch schwache Reize und bei geringer Anfangsspannung getroffen wird; hier dürfte also die Zahl der in Thätigkeit gesetzten Fasern eine geringe sein und man wird sich wohl denken müssen, dass die Wirkung steigender Reizstärken theils darin besteht, die einzelnen Fasern zu stärkeren Zusammenziehungen anzutreiben, theils aber auch darin, mehr Fasern überhaupt in Action zu bringen. Dagegen scheinen bei dem schon im Moment der Reizung stark gespannten Muskel jedesmal, selbst bei schwacher Reizung, mehr Fasern in Thätigkeit zu kommen, wie dies durch den Umstand wahrscheinlich wird, dass hier bei Steigerung der Reize Verkürzungen und Spannungszuwüchse in annähernd gleichem Verhältniss wachsen.

Ich möchte die Gelegenheit dieser Mittheilung benutzen, um eine kurze Bemerkung über die Arbeit Schott's[1] anzuknüpfen. Schott lässt mich sagen: „Wenn ein Muskel in Folge von verschiedener Reizung einmal schnell, das andere Mal, wenn auch nicht langsam, so doch weniger schnell zuckt, so sind das ganz dieselben Faserelemente, welche diese verschiedenen Wirkungen hervorgebracht haben.“ Dieser Behauptung liegt aber doch wohl ein gewisses Missverständniss zu Grunde. Vermuthlich hat Schott die Stelle auf S. 352 meiner Arbeit (Ueber die Abhängigkeit der Erregungsvorgänge etc., dies Archiv 1884) im Auge gehabt. Dort discutire ich die Bedeutung der Reizungsdivisoren für die Schwellenwerthe und gelange, hauptsächlich wegen des, auch von Schott bestätigten gleichen Verlaufs der Minimalzuckungen, zu dem Schlusse: „ich sehe daher vorläufig keinen Grund zu der Annahme, dass bei Momentan- und Zeitschliessungen von Kettenströmen nicht dieselben Elemente gereizt werden.“ Wenn ich indessen in bestimmten Fällen für die Annahme eines gewissen Verhaltens „vorläufig keinen Grund sehe“, so ist dies doch etwas anderes, als wenn ich dasselbe ganz generaliter leugnete, was mir in der That ganz fern lag. Dass in vielen Fällen nach Art des Reizes und nach mechanischen Bedingungen sich die verschiedenen Arten von Fasern in ungleichem Maasse

[1] Schott. Ein Beitrag zur elektrischen Reizung des quergestreiften Muskels von seinem Nerven aus. Pflüger's *Archiv*. Bd. 48. S. 378.

Digitized by Google

an der Muskelzuckung betheiligen können, will ich keineswegs (und wollte es auch damals nicht) bestreiten. Insbesondere gebe ich gern zu, dass dies für die neuerlichen Versuche Schott's am Krötenmuskel die nächstliegende Deutung ist. Nur muss ich betonen, wie ich dies schon gelegentlich gethan habe,[1] dass diese Vorstellung für sich allein nicht ausreicht, um alle Erscheinungen die Zuckungs-Variirung zu erklären, sondern daneben ein Einfluss der mechanischen Bedingungen auch auf die Thätigkeit des einzelnen Gebildes angenommen werden muss. Denn welche Fasern überhaupt gereizt werden, das kann doch nur von der Art des Reizes und der im Momente des Reizes bestehenden Spannung abhängen. Sehen wir also an den Zuckungen mit Anfangshemmung erhöhte Endstücke oder gar an Schleuderzuckungen erhöhte Gipfel, wie Schenck findet, sehen wir ferner das Contractionsmaximum weit früher erreicht, wenn die Zuckung bei gleichem Reiz und gleicher Anfangsspannung isometrisch, als wenn sie isotonisch verläuft etc., so kann dies doch nicht ohne die mehrerwähnte Vorstellung von dem Einfluss der mechanischen Bedingungen erklärt werden.

[1] Untersuchungen zur Mechanik des quergestreiften Muskels. 3. Mittheilung *Dies Archiv.* 1888. S. 548.

Digitized by Google

Zur Methode der Flammen-Tachographie.

Von

Dr. med. Rudolf Abele.

(Aus dem physiologischen Institut zu Freiburg i. B.)

(Hierzu Tafel I.)

Die Verwendung der Gasflamme zur Beobachtung und Aufzeichnung der Strompulse hatte sogleich den Gedanken nahe gelegt, diese Methode auch zu einer, bei den anderen Verfahrungsweisen so viele Schwierigkeiten bietenden quantitativen Verfolgung der Pulserscheinungen zu benutzen.[1] Zur Gewinnung absoluter Werthe war zunächst nur erforderlich, die bei den Pulsantrieben erfolgenden Aufschläge der Flamme an einem graduirten Cylinder abzulesen und ausserdem empirisch festzustellen, in welcher Beziehung die Flammenhöhe zu der Geschwindigkeit der Gasausströmung steht. Indessen war es natürlich sehr wünschenswerth, quantitative Ergebnisse, und zwar womöglich in absoluten Werthen, auch aus den photographischen Aufzeichnungen der Flammenbewegung entnehmen zu können, da die Ablesung der Flammenzuckung am getheilten Cylinder stets einigermassen unsicher ist. Ich unternahm es daher auf Vorschlag und unter Anleitung von Hrn. Professor v. Kries, die Methode der Flammen-Tachographie auf ihre quantitative Verwerthbarkeit zu prüfen bezw. die für eine solche Verwendung erforderlichen experimentellen Grundlagen zu gewinnen.

[1] Vergleiche v. Kries, Ueber ein neues Verfahren zur Beobachtung der Wellenbewegung des Blutes. *Dies Archiv.* 1887. S. 279.

Derselbe, Ueber ein Verfahren zur quantitativen Auswerthung der Pulswelle. *Berliner klinische Wochenschrift.* 1887.

Digitized by Google

I. Ich begann damit, eine Reihe von Versuchen zu wiederholen, die vor mir schon von Hrn. Dr. Thoma angestellt worden waren, deren Anstellung mit vollkommeneren Hülfsmitteln aber wünschenswerth erschien, Versuche, die zur Aufgabe hatten, die Abhängigkeit zu ermitteln, in welcher die Höhe der sichtbaren Gasflammen von den verschiedenen sie beeinflussenden Factoren steht, in erster Linie von der Geschwindigkeit der Gasausströmung, sodann von der Grösse der Brenneröffnung, aus der das Gas ausströmt, endlich von der Beschaffenheit des Schutzcylinders, in welchem die Flamme brennt.

Ich konnte zu diesen Versuchen einen nach den Angaben von Prof. Voit construirten sogenannten Experimentir-Gasmesser benutzen, der vom Münchener Gaswerk bezogen war. Es wurde demgemäss in allen Fällen so verfahren, dass die zu beobachtende Flamme während längerer Zeit auf einer bestimmten Höhe erhalten und an der Gasuhr der hierbei stattgefundene Gasverbrauch abgelesen wurde. Eine vorgängige (im Wesentlichen nach den Vorschriften von Voit[1] ausgeführte) Prüfung des Gasmessers hatte ergeben, dass die Angaben desselben für den hier verfolgten Zweck hinlänglich genau waren. (Die Fehler überstiegen nicht 3·6 Procent und betrugen im Durchschnitt 1·47 Procent. Dabei hatten die Strömungen zwischen 1·3 ccm per Secunde und 64·5 ccm per Secunde gewechselt.)

Die Versuche gewannen ausserdem in hohem Grade sowohl an Einfachheit als auch an Sicherheit durch die Benutzung eines Elster'schen Gasregulators. Nachdem ein solcher vor der Flamme eingeschaltet war, konnte auch bei Speisung aus der allgemeinen Gasleitung die Beobachtung meist stundenlang fortgesetzt werden, ohne dass jemals eine plötzliche Schwankung oder allmähliche Veränderung der Flammenhöhe bemerkbar geworden wäre. Die im Anfang des Versuchs hergestellte Regulirung der Widerstände konnte also dauernd dieselbe bleiben.

Mit diesen Vorrichtungen ist nun die Ermittelung der in Rede stehenden Abhängigkeiten eine ungemein einfache Aufgabe. Ueber die Ergebnisse dieser Untersuchungen sei hier das Folgende mitgetheilt.

1. Bei steigendem Gasverbrauch wachsen die (sichtbaren) Flammenhöhen nicht dem Gasverbrauch proportional, sondern etwas schneller. Bezeichnet also F die Flammenhöhe, G die Zahl der in der Secunde verbrennenden Cubikcentimeter Gas, so wird der Quotient $\frac{G}{F}$ mit steigender Flammenhöhe etwas kleiner.

Als Beleg hierfür mögen die folgenden Tabellen 1—4 dienen.

[1] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XI.

Digitized by Google

Tabelle I.

Brenneröffnung 1·5 mm
Cylinderweite 23 mm

Flammenhöhe in cm.	Gasverbrauch in ccm. pro Secunde	$\frac{G}{F}$
1	1·28	1·28
2	2·50	1·25
3	3·70	1·23
4	4·86	1·20
5	5·91	1·18
6	7·01	1·17
7	7·97	1·14
8	8·93	1·12
9	9·99	1·11
10	11·05	1·10

Tabelle II.

Brenneröffnung 2 mm
Cylinderweite 23 mm

Flammenhöhe in cm.	Gasverbrauch in ccm. pro Secunde	$\frac{G}{F}$
1	1·38	1·38
2	2·70	1·35
3	3·86	1·29
4	5·20	1·30
5	6·54	1·31
6	7·71	1·28
7	8·84	1·26
8	9·84	1·23
9	10·78	1·20
10	11·75	1·17

Tabelle III.

Brenneröffnung 3 mm
Cylinderweite 23 mm

Flammenhöhe in cm.	Gasverbrauch in ccm. pro Secunde	$\frac{G}{F}$
1	1·45	1·45
2	2·84	1·42
3	4·13	1·37
4	5·30	1·32
5	6·40	1·28
6	7·53	1·25
7	8·60	1·23
8	9·65	1·21
9	10·84	1·20
10	11·99	1·19

Tabelle IV.

Brenneröffnung 4 mm
Cylinderweite 23 mm

Flammenhöhe in cm.	Gasverbrauch in ccm. pro Secunde	$\frac{G}{F}$
1	1·585	1·585
2	3·078	1·539
3	4·407	1·469
4	5·435	1·359
5	6·653	1·330
6	7·962	1·327
7	9·503	1·357
8	10·694	1·336
9	11·645	1·294
10	12·835	1·283

Man ersieht aus denselben zugleich, dass innerhalb der hauptsächlich in Betracht kommenden Grenzen, nämlich von etwa 4—8 cm Flammenhöhe, die Unterschiede der Quotienten nur geringe sind und deshalb hier die Flammenhöhe dem Gasverbrauch nahezu proportional gesetzt werden kann.

Wiewohl man im Allgemeinen nicht in die Lage kommen wird, die Bewegungen von Flammen, die aus verschieden grossen Oeffnungen

Digitized by Google

brennen, unter einander zu vergleichen, so war es doch ganz interessant, bei dieser Gelegenheit auch festzustellen, welchen Einfluss die Grösse der Brenneröffnung (bei gegebenem Gasverbrauch) auf die Höhe der Flamme ausübt. Es zeigt sich hier, dass mit steigender Weite der Ausströmungsöffnung ein immer grösserer Gasverbrauch erforderlich ist, um die gleiche Flammenhöhe zu erhalten. Ich führe als Beispiel hierfür die einer anderen Versuchsreihe angehörende Tab. 5 an.

Tabelle V.

(Mittelwerthe aus je 3 Versuchen.)

Cylinderweite 23 mm.

Brenner-öffnung	Flammen-höhe in cm.	Gasverbrauch in ccm. pro Secunde	$\frac{G}{F}$
2	4	6·34	1·58
3	4	6·66	1·66
4	4	6·85	1·71
5	4	7·06	1·76

Dagegen war die Beschaffenheit der Schutzcylinder, wenn überhaupt, so jedenfalls von sehr geringem Einfluss; bei Variirung der Weite von 23—31 mm konnte derselbe noch nicht mit Sicherheit erkannt werden.

II. Die zweite sich darbietende Frage war die, in welcher Beziehung die sichtbaren Flammenhöhen zu der Höhe der in den Photogrammen erzeugten Bilder steht. Da dies selbstverständlich je nach der Art des photographischen Verfahrens verschieden sein kann, so bemerke ich hier ein für allemal, dass die nachstehenden Untersuchungen sich auf die von Prof. v. Kries beschriebene Versuchseinrichtung beziehen. Die reellen Bilder der Flamme fielen also auf einen Spalt von 0·25 mm Breite und wurden auf die hinter demselben rotirende und mit Hutinet'schem Papier bezogene Trommel des Baltzar'schen Kymographions photographirt. Von vorn herein muss es fraglich erscheinen, ob die Grenze des Photogramms genau das Bild der sichtbaren Flammenspitze ist. Denkbar ist, dass ein gewisser noch sichtbarer Theil die Flammenspitze im Photogramm ausfällt, oder auch dass chemisch wirksame Strahlen noch von Punkten ausgesendet werden, die über der sichtbaren Spitze liegen. Um dies zu entscheiden, erwies sich das folgende einfache Verfahren als zweckdienlich. Die Flamme wurde mit einem Schutzcylinder umgeben, der eine Centimetertheilung trug, so dass die Brenneröffnung in der Höhe der Nulllinie stand. An einer Seite des Cylinders waren Stanniolstreifen aufgeklebt, deren obere Ränder mit den verschiedenen Theilstrichen abschnitten. Bei stehender Kymographiontrommel und hochbrennender Flamme konnten so sehr leicht

Digitized by Google

die Stellen aufgezeichnet werden, auf welche die einzelnen Theilstriche sich abbildeten. Andererseits konnte der Cylinder so gedreht werden, dass die Stanniolstreifen seitlich zu liegen kamen, die Flamme somit ganz ungehindert abgebildet wurde; stellte man dann die Flamme so ein, dass ihre sichtbare Spitze, z. B. mit dem Theilstrich 4 abschnitt und photographirte sie bei laufender Trommel, so war nun leicht festzustellen, wie die Grenze dieses Photogramms gegen die vorher erzielte Abbildung des Theilstrichs 4 lag. Es zeigte sich dabei, dass die Grenze dieses bei bewegter Trommel zu erhaltenden Photogramms stets einem etwas unter der sichtbaren Spitze gelegenen Punkt der Flamme entspricht. Und zwar bleibt ein um so grösserer Theil der Flamme im Photogramm unsichtbar, je höher die Flamme ist.

In der folgenden Tabelle 6 ist zusammengestellt, um wie viel das bei bewegter Trommel erhaltene Photogramm hinter dem reellen Bild der sichtbaren Flamme zurückbleibt.

Tabelle VI.

F = wirkliche Flammenhöhe in cm.

D = Differenzwerth, um welchen das Flammenbild hinter der der wirklichen Flammenhöhe entsprechenden Grösse zurückbleibt (in mm.).

F	D	F	D
3 cm	1·10 mm	7 cm	2·75 mm
4 „	1·40 „	8 „	3·25 „
5 „	1·75 „	9 „	3·75 „
6 „	2·25 „	10 „	4·25 „

Für die kleinsten Flammenhöhen sind solche Bestimmungen nicht mehr mit genügender Sicherheit ausführbar. Dagegen kann man auf Grund solcher Bestimmungen leicht zusammenstellen, wenn man z. B. von dem Bilde einer 4 cm hohen Flamme ausgeht, welche Vermehrung der sichtbaren Flammenhöhe einer Verschiebung der im Photogramm sichtbaren Grenze von je 1 mm entspricht. Es zeigt sich dabei, dass in dem ganzen Spielraum der in Betracht kommenden Flammenhöhe mit grösster Annäherung eine Erhebung der Photogrammlinie um 1 mm einer Vermehrung der sichtbaren Flammenhöhe um 3 mm entspricht, was sich daraus erklärt, dass jene in Tabelle 6 dargestellte Differenz eben auch annähernd proportional der Flammenhöhe wächst. Man kann dies aus der nachstehenden Tabelle 7 erkennen, welche direct aus den Serien von Photogrammen der Flammen verschiedener Höhe berechnet ist.

Digitized by Google

Tabelle VII.

F' = Werthe (in cm.), um welche die sichtbare Flamme über die Höhe von 4 cm. sich erhebt.

B = Werthe (in mm.), um welche die Grenze des Photogramms über derjenigen Höhe liegt, welche der Flammenhöhe von 4 cm. entspricht.

F'	B	F'	B
0·0	0	9·38	11
0·3	1	3·69	12
0·61	2	4·00	13
0·91	3	4·32	14
1·20	4	4·63	15
1·51	5	4·94	16
1·83	6	5·25	17
2·13	7	5·56	18
2·44	8	5·88	19
2·76	9	6·19	20
3·0	10		

Hiernach ist man nun auch leicht in der Lage, eine Tabelle herzustellen, welche direct die Abhängigkeit der Photogrammhöhe von dem die Flamme speisenden Gasverbrauche darstellt.[1]

Noch wichtiger erschien die Frage, ob und in welchem Maasse die Geschwindigkeit der Trommelbewegung auf die Höhe des von einer bestimmten Flamme erzeugten Photogramms von Einfluss ist. Die Versuche ergaben, dass innerhalb ziemlich weiter Grenzen dieser Einfluss gering ist. Schwankt die Peripheriegeschwindigkeit von 8 bis 16 mm per Secunde, so konnte ich eine Aenderung der Photogrammhöhen überhaupt nicht bemerken. Dieses Ergebniss war sehr erwünscht, weil es die quantitative Verwerthung der Tachogramme auch ohne ganz genaue Controle der Umdrehungsgeschwindigkeiten zulässig macht.

III. Es wird endlich die Frage aufzuwerfen sein, ob die in der besprochenen Weise für constante Ausströmungsgeschwindigkeiten und ruhende Flammen gewonnenen Ergebnisse, auch auf die bei der Pulsbeobachtung realisirten Verhältnisse übertragen werden können. In zwei

[1] Die Beobachtung der sichtbaren Flammenhöhe mag als ein überflüssiger Umweg erscheinen, da man ja auch direct die Abhängigkeit zwischen Gasverbrauch und Photogramm hätte ermitteln können. Indessen wurde dieser Weg absichtlich eingeschlagen, theils wegen der so zu erhaltenden vollständigeren Einsicht, theils auch weil ich die Beobachtung des für verschiedene Flammenhöhen erforderlichen Gasverbrauchs über ziemlich lange Zeiten zu erstrecken wünschte, was nur möglich ist, wenn man die sichtbare Flammenhöhe zur Controle benutzt.

Digitized by Google

Richtungen erscheint hier eine Prüfung wünschenswerth. Erstlich kann in Frage gebracht werden, ob bei einem plötzlichen Wechsel der Ausströmungsgeschwindigkeiten die Flamme sich mit hinreichender Genauigkeit und Schnelligkeit auf den dem veränderten Gaszufluss entsprechenden Werth einstellt.

Es soll auf diesen, in gewissem Umfang schon mehrfach erörterten Gegenstand alsbald eingegangen werden. Die zweite Frage aber wird die folgende sein. Bei der Flammen-Tachographie wird die Höhe der Flamme dadurch verändert, dass in einem mit den Brennerraum communicirenden Hohlraum mit einer gewissen Geschwindigkeit Luft verdrängt wird. Dürfen wir wirklich annehmen, dass die Ausströmungsgeschwindigkeit des Gases um denselben Betrag steigt, welchen die Geschwindigkeit der Luftverdrängung in jenem Hohlraum besitzt? Obgleich dies aus allgemeinen physikalischen Gründen kaum zu bezweifeln ist, schien es doch nicht überflüssig, eine

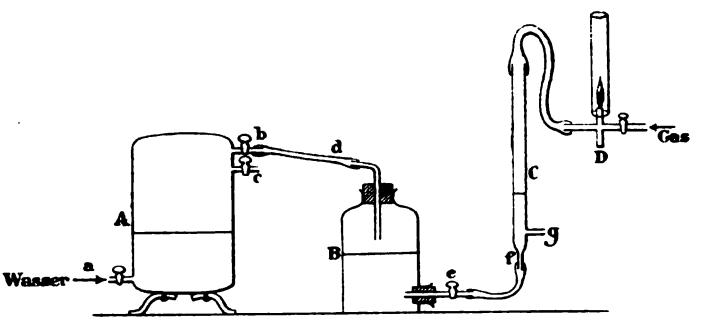


Fig. 1.

directe experimentelle Prüfung dieser Frage zu veranstalten. Ich benutzte zu diesem Zwecke zunächst das schon von Prof. v. Kries angewandte Verfahren und setzte denjenigen Schenkel der Pulslampe, der sonst mit der Extremitäten-Kapsel verbunden wird, mit einer Spritze in Verbindung. Eine quantitative Ermittelung der durch die Bewegung des Spritzenstempels bewirkten Luftverdrängung und der Geschwindigkeit, mit welcher sich diese vollzog, gelang dabei in der Weise, dass ich die Bewegungen des Spritzenstempels gleichfalls (mittels einer zweiten Linse) abbildete und auf dieselbe Trommel photographisch registrirte. Das Verfahren erwies sich indessen als wenig geeignet, da es nicht gelang, dem Stempel mit der Hand hinreichend gleichmässige und andauernde Bewegungen zu ertheilen. Dagegen führte zu sehr befriedigenden Ergebnissen ein Verfahren, bei welchem die Luft durch einen Wasserstrom verdrängt wurde, der in einem bestimmten Augenblick durch Oeffnung eines Hahns in Gang gebracht werden konnte. Die Einrichtung ist in Fig. 1 dargestellt.

Digitized by Google

In dem grossen kupfernen Windkessel *A* wurde durch die Wasserleitung ein hoher Druck erzeugt, welcher in der aus der Figur ersichtlichen Weise sich auf den Inhalt der Flasche *B* übertrug. Aus dieser strömt, sobald der Hahn *e* geöffnet wird, das Wasser in die Bürette *C*. Auf diese Weise wurde, da der Hohlraum derselben vorher mit Leuchtgas gefüllt war, mit der Oeffnung des Hahnes, ganz ähnlich wie bei den Pulsversuchen durch die Volumvermehrung des Arms, die Ausströmung des Gases vermehrt. Die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser vordrang, konnte durch die wechselnde Einstellung eines Widerstandes variirt werden; sie wurde überdies photographisch registrirt, indem der in der Bürette aufsteigende Wassermeniscus erleuchtet und mittels einer zweiten Linse oberhalb der Flamme abgebildet und photographirt wurde. Es wurde endlich noch, um die Verhältnisse denen bei der Pulsbeobachtung bestehenden ganz gleichartig zu machen, zwischen der Bürette und dem Brenner eine Flasche von ca. 600 ccm Luftinhalt eingefügt, entsprechend dem Luftraum, der in der Unterarmkapsel frei zu bleiben pflegt.

Der Gang des Versuchs war nun allemal der, dass zunächst die Flamme auf die Mittelhöhe von 4 cm eingestellt wurde. Sodann wurde bei laufender Kymographion-Trommel der Hahn geöffnet, wobei dann die Flamme sogleich auf eine grössere Höhe sich einstellt. Aus dem sowohl die Einstellung der Flamme als die Bewegung des Wassermeniscus darstellenden Photogramm (ein Beispiel zeigt die Figur 1 der Tafel) liess sich dann feststellen, ob die aus der Erhöhung der Flamme zu erschliessende Vermehrung der Gasausströmung in der That der Geschwindigkeit entspricht, mit welcher in der Bürette die Luftverdrängung stattfand.

Die Ergebnisse derartiger Vergleichungen zeigen die nachstehenden Tabellen:

Tabelle VIII und IX.

F′ = Aufschlag der Flammen in cm., aus dem Flammenphotogramm berechnet.
S = Strömungszuwachs (in ccm. pro Sec.), aus dem Flammenphotogramm ber.
S′ = Grösse der Wasserströmung (aus dem Photogramm des Wassermeniscus in der Bürette berechnet).

Tabelle VIII.
Brenneröffnung 2 mm

F′	S	S′
1·51	1·9	1·9
2·13	2·6	2·6
3·02	3·7	4·0
4·53	5·2	5·5
6·50	7·1	7·3

Tabelle IX.
Brenneröffnung 1·5 mm

F′	S	S′
1·50	1·6	1·6
2·8	2·9	2·9
4·5	4·6	4·9
5·9	6·1	6·0

Digitized by Google

Die Zahlen stehen, wie man sieht, in einer Uebereinstimmung, die, angesichts der Schwierigkeit der ganzen Methode, wohl befriedigend genannt werden kann.

Was die Promptheit der Einstellung anlangt, so hat Prof. v. Kries schon an anderer Stelle mitgetheilt, dass wenn die Ausströmungsgeschwindigkeit plötzlich vermindert wird, die Flamme in sehr kurzer Zeit auf die richtige, dem veränderten Werth entsprechenden Höhe sich einstellt, dass aber, wenn der Wechsel sehr plötzlich stattfindet, ein geringes Heruntergehen unter jenen Werth beobachtet wird. Die Flamme verhält sich also hier ähnlich wie ein Körper von kurzer und sehr stark gedämpfter Eigenschwingung. Die beschriebenen Versuche boten Gelegenheit, das Gleiche zu beobachten (bei der Sistirung des Wasserstroms), aber auch den entgegengesetzten Fall, die plötzliche Erhöhung der Flamme bei dem Eintreten des Wasserstroms, herzustellen. Es zeigt sich, dass ein Heraufzucken der Flamme über ihre richtige Höhe auch in vielen Fällen stattfindet. Ja es schien sogar zuerst, als ob dem plötzlichen Wechsel der Höhe zuweilen einige förmliche Oscillationen der Flamme sich anschlössen. Indessen wurde alsbald bemerkt, dass es sich hier grösstentheils um Versuchsfehler handelt und zwar um Schwankungen der Flamme, welche durch Erzitterungen der mit ihr in Verbindung stehenden elastischen Schläuche, ja auch wohl nur durch Erschütterung des den Brenner tragenden Tisches bewirkt waren. Man muss in dieser Hinsicht sehr vorsichtig sein, da derartige Erschütterungen z. B. durch das schnelle Schliessen eines Hahnes leicht erzeugt werden. Namentlich bei dem Brenner mit weiter Oeffnung (3—4 mm) genügt es, mit einem Finger leicht auf die Tischplatte zu schlagen, um sogleich die Flamme zucken zu sehen.

Ich wandte mich deshalb, um die Promptheit der Einstellung zu prüfen, einem einfacher zu handhabenden Verfahren zu. Dies bestand darin, dass von der Gaszuleitung kurz vor dem zu untersuchenden Brenner eine Nebenleitung abgezweigt wurde. Diese führte zu einer zweiten Ausströmungsöffnung und konnte durch einen Glashahn geöffnet und geschlossen werden. In dem Moment, wo der Nebenweg geöffnet wird, stellt sich die Flamme auf eine geringere, in dem Augenblicke der Verschliessung auf eine grössere Höhe und zwar mit grosser Plötzlichkeit ein. Schaltet man in den Nebenausfluss noch ein grösseres Luftreservoir ein, so kann man die Rapidität des Wechsels vermindern; durch Aenderung des Widerstandes im Nebenausfluss lässt sich der Umfang des Wechsels beliebig wählen. Die Erscheinungen der Nachschläge sind also auf diese Weise gut zu untersuchen. Es zeigt sich nun hierbei, dass erstlich bei Anwendung weiter Oeffnungen erheblichere Nachschläge vorkommen, als bei engen. Ausserdem aber zeigt sich dann noch ein anderer Umstand als von grossem Einfluss auf

Digitized by Google

die betreffenden Erscheinungen. Schon in seiner ersten Mittheilung über das Verfahren der Flammen-Tachographie hat v. Kries angegeben, dass das Flackern der Flammen eine störende und mit Sorgfalt zu vermeidende Fehlerquelle bei der Methode sei. Das Flackern besteht, bei frei brennender Flamme und grosser Ausströmungsöffnung, in einer äusserst regelmässigen Oscillation der Flammenhöhe, in einem Rhythmus von 11—12 per Secunde, wovon man sich durch die photographische Aufzeichnung einer Flamme in diesem Zustand leicht überzeugen kann. Der Grund des eigenthümlichen Phaenomens ist nicht bekannt. Die Anbringung eines Schutzcylinders verhindert in der Regel das Flackern, aber, wie es scheint, nicht sowohl durch die Abhaltung unregelmässiger Luftströmungen als vielmehr dadurch, dass die Flamme in einem schärferen, von unten nach oben gerichteten Luftzuge brennt. Wenigstens zeigt sich sehr häufig ein unruhiges Brennen der Flamme und eine gewisse Tendenz zum Flackern, wenn die Gestalt des Brenners und die Befestigung des Cylinders an ihm derart ist, dass unten der Luftzutritt in erheblichem Maasse behindert ist, während dies sogleich aufhört, wenn man durch andere Befestigung des Cylinders für genügend freien Luftzutritt sorgt.

Fig. 2.

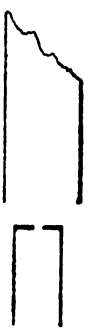


Fig. 3.

Ganz ähnlich zeigt sich nun auch bei Flammen, bei denen ein typisches Flackern gar nicht vorkommt, die Stärke des Luftzuges, in welchem sie brennen, auch für die hier in Rede stehenden Erscheinungen, das Hinüber- und Hinunterzucken über resp. unter eine neue Gleichgewichtshöhe belangreich. Als Beleg hierfür mögen die Photogramme 2*a* u. *b* der Tafel dienen. Beide sind mit einer Flamme erhalten, welche aus einer 1 mm weiten Oeffnung brennt. Es wurde dabei in der zuletzt angegebenen Weise, durch Verschliessung einer zweiten Ausströmungsöffnung, eine plötzliche Höhereinstellung der Flamme bewirkt. Bei *a* war die Stellung des Schutzcylinders eine solche, dass der Brenner in ihn hineinragte, und der Luftzug also erschwert war, so wie es die nebenstehende Fig. 2 darstellt, bei *b* dagegen stand, wie in Fig. 3 gezeichnet, der Cylinder etwas über dem Brenner, so dass der Luftzutritt zur Flamme jedenfalls ein freierer war. Der Unterschied ist, wie man sieht, sehr augenfällig. Die erheblichen Oscillationen in 2*a* sind in 2*b* ganz fortgefallen.[1]

[1] Man kann sich von der hier mitgetheilten Thatsache auch ohne photographische Aufzeichnung ganz gut überzeugen, da es mit einiger Uebung gelingt die Nachschläge der Flammen, sobald sie bedeutend sind, mit dem Auge direct wahrzunehmen.

Digitized by Google

Nach Gewinnung dieser Einsicht war es geboten, zu prüfen, ob nicht durch Einleitung eines hinreichend starken Luftzuges auch die aus weiten Oeffnungen brennenden Flammen zu einer von Nachschlägen ganz freien Reaction zu bringen sind. Ohne in Abrede stellen zu wollen, dass dies vielleicht durch besondere Hülfsmittel erreicht werden kann, muss ich anführen, dass es mir durch die zunächst sich darbietenden Verfahrungsweisen (sehr hohe Schornsteine, Luftabsaugung mittels Gebläse) nicht gelungen ist.

Ich möchte hiernach glauben, dass, wo es sich um eine ganz genaue Darstellung der Form der Tachogramme handelt, es sich am meisten empfiehlt, bei der ursprünglich von v. Kries angegebenen Einrichtung stehen zu bleiben, d. h. Oeffnungen von 1 mm Weite, jedenfalls nicht erheblich grössere, anzuwenden, und sorgfältig für hinreichend freien Luftzutritt zur Flamme zu sorgen. Wo aber die in der Kapsel enthaltenen Luftvolumina sehr gross sind, muss allerdings gefürchtet werden, dass die Ausströmungen des Gases der Schwankung der arteriellen Strömung nicht mehr genau entsprechen und man Pulsformen erhält, die sich mehr den Volumpulsen annähern. Diese Störung, die bei der gewöhnlichen Beobachtung von Unterarm und Hand noch nicht in Betracht kommt, wird dann durch die Anbringung einer zweiten Ausflussöffnung zu vermeiden sein, wie dies gleichfalls v. Kries schon beschrieben hat.

IV. Die Ergebnisse der mitgetheilten Beobachtungen liessen es zweifellos erscheinen, dass die Methode sich zur Verfolgung der von verschiedenen physiologischen Zuständen abhängigen Differenzen der Pulsform gut eignen würde. Ich habe solche Versuche in bedeutender Zahl an verschiedenen Personen ausgeführt und habe hierbei im Allgemeinen sehr befriedigende Resultate erhalten. Als ein Uebelstand der Methode muss es allerdings anerkannt werden, dass neben einer Anzahl von Personen, von denen man sogleich gute Resultate erhält, auch ab und zu solche gefunden werden, an denen dies trotz mancher Bemühung nicht gelingt. Eine für sonstige Beobachtung kaum wahrnehmbare Unruhe der Musculatur genügt eben, um dem Arm äusserst kleine Bewegungen gegen die Kapsel zu ertheilen, welche sich in der Bewegung der Flamme schon bemerklich machen. Lässt man die Kapsel ausschliesslich durch den Arm selbst unter Vermittelung der Gummimanchette tragen, also weder auf einen Tisch aufstützen, noch sonst irgendwie fixiren, so gelingt es am ehesten, die genannten Störungen auszuschliessen.

Ich habe auf diese Weise den Einfluss des Hungers und der Nahrungsaufnahme, angestrengter Muskelthätigkeit, ferner der Haltung der untersuchten Extremität auf Form und Grösse der Tachogramme geprüft. Ueber die Ergebnisse habe ich in meiner Dissertation berichtet; einige hierhergehörige Thatsachen sind auch bereits in den „Studien zur Pulslehre“ des

Digitized by Google

Hrn. Professor v. Kries erwähnt worden. Da es sich in dieser Mittheilung nur um die Kenntniss der Methodik handelt, so beschränke ich mich darauf, die Brauchbarkeit derselben in solcher Richtung durch Anführung weniger Beispiele zu erläutern. Auf Tafel I stellen Figur 3 und 4 die Unterarmtachogramme einer meiner Versuchspersonen dar und zwar 3 in nüchternen Zustande, 4 dagegen 45 Minuten nach Aufnahme einer reichlichen Mittagsmahlzeit. Figur 5 und 6 stellen die Tachogramme des Unterarmes bei gehobener und gesenkter Haltung dar, welche wie man sieht, den typischen, von Prof. v. Kries beschriebenen Unterschied sehr deutlich hervortreten lassen.

Digitized by Google

Zur Zuckerbildung in der Leber.

Entgegnung auf die Kritik des G.-R. Prof. Pflüger.[1]

Von

J. Seegen.

Pflüger hat vor einiger Zeit auf Grundlage von Ernährungsversuchen eine neue Theorie über die Quelle der Muskelkraft mitgetheilt,[2] die in dem Satze gipfelt: „Die stickstofffreien Bestandtheile des Thierleibes sind todter Stoff. Nur das Eiweiss ist lebendig und vollzieht alle eigentliche Arbeit des Lebens.“ Ich habe in einem offenen Brief[3] an Pflüger darauf hingewiesen, dass durch seine Ernährungsversuche nur die Rolle der Eiweisskörper ermittelt wurde, dass die Bedeutung der Fette und Kohlehydrate durch diese Versuche nicht festgestellt werden konnte und eine Hypothese nöthig machte, und ich habe auf die Bedeutung des Blutzuckers als Kraftquelle für die gesammte Arbeitsleistung des Thierkörpers aufmerksam gemacht.

Pflüger hat in seiner Antwort[4] auf meinen Brief, der auf jeder Seite meiner Verehrung für den berühmten Forscher Ausdruck gab, es übel vermerkt, dass ich an seine als vorläufiger Abriss erschienene Arbeit herangetreten bin, er hat ferner ganz abseits liegende Resultate wissenschaftlicher Forschung herbeigezogen, um mir Beobachtungsfehler vorzuwerfen, und

---

[1] Hr. Pflüger hat nach mehrfacher Wechselrede mit Hrn. Seegen die Verhandlungen über den streitigen Gegenstand in seinem Archiv für geschlossen erklärt (L. Bd., S. 422). Ich habe keinen Grund, Hrn. Seegen in diesem Archive das Wort zu verweigern, bemerke aber, dass ich in der Sache selber damit keine Partei genommen haben will. E. d. B.-R.

[2] Pflüger's *Archiv*. Bd. L. Hft. 1 u. 2.

[3] *Ebenda*. Bd. L. Hft. 5 u. 6.

[4] *Ebenda*. Bd. L. Hft. 5 u. 6.

Digitized by Google

hat die Hauptsache, die Zuckerbildung in der Leber und deren Umfang dadurch zu erledigen gemeint, dass er auf Pavy's Arbeiten hinwies, durch welche es bekannt sei, „dass die Leber im Leben nur sehr kleine Mengen Zucker enthält, die aber durch viele in ihrer Wirkung zum Theil ganz räthselhafte Einflüsse zu bedeutender Höhe gesteigert werden." Ich musste antworten,[1] um den Einwurf zurückzuweisen, dass ich voreilig zu Pflüger's Arbeit Stellung genommen habe, und das *Centralblatt für Physiologie* hat dadurch, dass es diese Arbeit bereits referirte (Bd. V, Nr. 16) bewiesen, dass diese auf Grundlage des vorläufigen Abrisses bekannt gewordene Arbeit als Gemeingut der Wissenschaft, und nicht wie Pflüger meint, als „Eigenthum des Forschers" betrachtet werden muss. Ich habe ferner dargelegt, wie unberechtigt es war, die Frage der Stickstoffexhalation heranzuziehen und an dieselbe allerlei abfällige Bemerkungen zu knüpfen. Ich habe endlich Pavy's „Sträubungstheorie" als Einwand gegen die normale Zuckerbildung in der Leber abgelehnt und darauf hingewiesen, dass ich in meiner Monographie über Zuckerbildung im Thierkörper diese in allen gegnerischen Arbeiten in den verschiedensten Tonarten vorkommende Theorie an der Hand dieser Arbeiten zu widerlegen versucht habe.

Und nun hat Pflüger eine zweite Antwort[2] folgen lassen, die den Vorwurf wiederholt, dass ich ihm durch meinen offenen Brief „in das Wort gefallen sei", also eine Ungezogenheit begangen habe, und mir noch überdies eine ganze Reihe liebenswürdiger Thaten, wie Textfälschung u. s. w., andichtet. Ich werde auf diese Kampfesweise nicht eingehen, weil ich den Forscher Pflüger zu sehr achte und weil ich mich zu hoch halte. Diese Kampfesweise ist des Angreifers wie des Angegriffenen gleich unwürdig und Pflüger hat Recht, wenn er „weitere Fortführung dieses Streites für zwecklos hält." Ein so geführter Streit verletzt und verwirrt, zur Klärung bedarf es gründlicher nüchterner und sachlicher Discussion. Pflüger hat diese zurückgewiesen, da er sein Archiv für weitere Verhandlungen geschlossen erklärt; ich habe darum von Hrn. du Bois-Reymond die Gastfreundschaft seines Archivs erbeten, um auf Pflüger's räumlich sehr eingehende Kritik antworten zu können.

Ich möchte mit den Schlusssätzen der Pflüger'schen Kritik beginnen. In diesen wird auf mein im Jahre 1875 erschienenes Buch über Diabetes mellitus hingewiesen, in welchem ich mich „noch nicht durch fehlerhafte und falschgedeutete physiologische Versuche beirrt", als Anhänger Pavy's bekannte, aber in meinen „Behauptungen abermals in entgegengesetzter Richtung wie jetzt weiter ging, als die Thatsachen erlaubten."

---

[1] Pflüger's *Archiv.* Bd. L. Hft. 7 u. 8.

[2] *Ebenda.* Bd. L. Hft. 7 u. 8.

Digitized by Google

Es ist vollkommen richtig, dass ich zu den eifrigsten Anhängern Pavy's gehörte, und ich habe wiederholt[1] dargelegt, wie es kam, dass ich mich zu dieser Lehre bekannte, und wie die Wandlung in meinen Anschauungen vor sich ging. Ich habe nicht Ursache, auf die Geschichte dieser Wandlung mit Bedauern zurückzublicken, und ich glaube auch der Wissenschaft durch dieselbe einen nicht ganz unwesentlichen Dienst geleistet zu haben.

Ich habe in meiner ärztlichen Praxis wiederholt Gelegenheit gehabt, Diabeteskranke zu sehen, bei denen trotz sehr mässiger Zuckerausscheidung im Harne schon alle schweren Symptome dieser Krankheit zur Erscheinung gekommen waren. Ich sagte mir, dass dies kaum denkbar sei, wenn die Zuckerbildung eine normale Function des Organismus wäre. Ein kleines Plus von Zucker könnte — so meinte ich — kaum solche Erscheinungen hervorrufen, und darum erschien es mir viel plausibler, die Zuckerbildung als einen anomalen Zustand aufzufasseu. Dies stimmte vollkommen mit der Lehre Pavy's, dass die Zuckerbildung eine postmortale Erscheinung sei, dass die gesunde Leber niemals Zucker bilde. An der Richtigkeit der Beweise, die Pavy erbrachte, zweifelte ich um so weniger, als ich selbst Gelegenheit hatte, den Beweis, den er gegen die Zuckerbildung als Lebenserscheinung erbracht hatte, von ihm ausgeführt zu sehen. Er hatte in meiner Gegenwart ein Stück der Leber eines rasch getödteten Kaninchens in siedendes Wasser geworfen, dasselbe, nachdem es eine Weile gekocht hatte, im Mörser zerrieben, den Brei nochmals in heisses Wasser gebracht, aufkochen lassen, das Decoct filtrirt und das Filtrat mit Fehling'scher Lösung in einem Reagensglas geprüft. Diese Lösung war durch das milchige Decoct getrübt, aber nicht entfärbt, und nur am Boden des Proberöhrchens war eine minimale Ausscheidung von Oxydulhydrat. Mit einem zweiten Leberstück, das etwa eine halbe Stunde gelegen hatte, wurde genau in derselben Weise manipulirt, und durch das Filtrat dieses Leberdecoctes wurde die Fehling'sche Lösung stark reducirt. Das in die Augen springende Versuchsresultat wurde so gedeutet, dass durch das schnelle Eintragen des Leberstückes in das heisse Wasser der Zustand, wie er im Leben war, fixirt wurde, während in dem zweiten Stück die postmortale Zuckerbildung zur Erscheinung kam. Wie natürlich konnte, da die Leber keinen Zucker bildete, auch das Blut keinen Zucker enthalten, und in der ersten Mittheilung,[2] welche Pavy für das ärztliche Publikum über seine Entdeckung machte, sagte er auch, das durch die Leber kreisende Blut

[1] Seegen, *Studien über Stoffwechsel.* Berlin 1887. — *Die Zuckerbildung im Thierkörper, ihr Anfang und ihre Bedeutung.* 1. Vorlesung. Berlin 1890.

[2] Pavy, On the alleged sugar-forming function of the liver. Guy's *Hospital reports.*

Digitized by Google

bringe nur eine minimale Menge Zucker aus derselben mit, „escapes charged with but an infinitesimal amount of sugar.“ Diese minimale Zuckermenge, welche das Blut enthält, wird darauf zurückgeführt, dass bei der Circulation durch die Leber Spuren von Glycogen in das Blut gelangen und dort in Zucker umgewandelt werden. Wenn dem Thiere aus dem rechten Herzen Blut entzogen wird, findet man ebenfalls in demselben nur Spuren von Zucker — „sugar is only found to the extent of the merest trace“ — und nur wenn das Thier bei der Operation sich sträubt, wird das Blut zuckerreicher. Denn durch dieses Sträuben — „for during violent struggling“ — wird die Leber stärker comprimirt, und dadurch eine grössere Menge von Glycogen in den Kreislauf geführt. Pavy's eifrigster Jünger, M'Donell, geht noch weiter als sein Meister: Er behauptet, es sei ihm durch Uebung gelungen, lebenden Thieren, ohne dass sie sich sträuben, Blut mittelst Katheters aus dem rechten Herzen zu entziehen, und das Blut solcher Thiere enthalte keine Spur von Zucker. Ritter, welcher einem lebenden Kaninchen die Leber excidirt und in kochendes Wasser eingetragen hatte, konnte in derselben auch nicht eine Spur von Zucker nachweisen, und diese kleine Differenz gegen das Ergebniss der Pavy'schen Versuche sollte eine weitere Bestätigung dafür bilden, dass die Zuckerbildung ein postmortaler Vorgang sei; der kleine Zeitraum, welcher in Pavy's Versuchen zwischen Tödtung des Thieres und Oeffnung des Bauches verstrichen war, hätte genügt, um eine Spur Zucker zu bilden.

Ich musste die Lehre Pavy's, so bekannt sie auch ist, in ihren Hauptsätzen skizziren, um es klar zu legen wie vollständig unbegründet es ist, wenn Pflüger behauptet und durch Citate aus meinem Buch über Diabetes zu belegen sucht, ich sei in meinen Behauptungen weiter gegangen, als es die durch Pavy festgestellten Thatsachen erlauben.

Wie ich dazu gekommen bin, in meinem Glauben an Pavy's Lehre erschüttert zu werden, will ich hier nur kurz berühren. Es geschah zuerst dadurch, dass ich bei meinen ersten Versuchen, die ich noch im guten Glauben an Pavy's Lehre ausgeführt habe, gefunden hatte,[1] dass durch Einwirkung von Fermenten auf Glycogen ein anderer Zucker gebildet wurde, als der mit dem Traubenzucker identische Leberzucker. Nachdem auch durch Versuche, die ich unter Mitwirkung von Kratschmer ausführte, die Annahme Bernard's, dass der Leberzucker aus Glycogen entstehe, als unrichtig erkannt war, hatte die Auffassung der Zuckerbildung als postmortale Erscheinung vollends den Boden verloren, und nun ging ich daran Versuche an lebenden Thieren zu machen und die denselben excidirte Leber, die sogleich in heisses Wasser eingetragen wurde, auf den

[1] Pflüger's *Archiv*, 19. Band.

Digitized by Google

Zuckergehalt zu prüfen. Die Versuche wurden an Hunden, an Katzen und an Meerschweinchen unter den verschiedensten Ernährungsbedingungen ausgeführt,[1] und ausnahmslos stellte es sich heraus, dass die Leber 0·5—0.6 % Zucker enthalte. Der Zuckergehalt wächst in der excidirten Leber und zwar steigt er allmählich bis auf 3 %; aber die grösste Zuckerzunahme trifft auf die ersten Stunden. Schon nach einer Stunde sind 40—50 % des Zuckerzuwachses nachzuweisen. Es kann diese Erscheinung nur so gedeutet werden, dass die Zuckerbildung solange anhält als die Leberzellen noch ihre Leistungsfähigkeit behalten haben; mit der Abnahme dieser Leistungsfähigkeit wird auch die Zuckerbildung eine immer geringere, um nach etwa 48 Stunden vollkommen aufzuhören, wiewohl dann noch Glycogen und Ferment, also gerade jene Bedingungen, welche zur postmortalen Zuckerbildung gehören sollten, reichlich vorhanden sind. Pavy hat richtig beobachtet, dass durch Eintragen der frisch excidirten Leber in heisses Wasser oder in eine Kältemischung, oder durch Einspritzen von Soda oder Citronensäure die Zuckerbildung sistirt wird, aber seine Deutung war eine falsche; durch diese Operation wurde nicht der Zustand des Lebens erhalten, sondern umgekehrt die Lebensfähigkeit der Zellen vernichtet, und dadurch jede Zuckerbildung sistirt.

Ich habe auch durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen, dass man die Zuckerbildung in der Leber zu steigern vermag, wenn dieselbe mit durch Luftaspiration lebend erhaltenem Blute zusammengebracht wird Selbst ohne Aspiration vollzieht sich durch Blut, welches mit fein verkleinerter Leber zusammen gebracht wird, die Steigerung der Zuckerbildung in der Leber. Und mit der Zuckervermehrung wird auch die Summe der gesammten Kohlehydrate in dieser lebend erhaltenen Leber gesteigert.

Das ist ein Theil jener „fehlerhaften und falsch gedeuteten" physiologischen Versuche,[2] durch welche der unwiderlegliche und nun wohl für alle Zeiten feststehende Beweis erbracht wurde, dass die Zuckerbildung eine normale Function der Leber sei, und dass diese nicht, wie Bernard gemeint hat, auf Kosten von Glycogen stattfindet.

Pflüger sagt: „Ob und wie viel Zucker dem Körper durch die Leber in 24 Stunden zugeführt wird, ist vor der Hand unbekannt."

Der erste Theil dieses Satzes hat, wie ich glaube, die definitive Antwort gefunden, und diese lautet: Die Zuckerbildung ist eine normale Function der Leber, und es wird durch dieselbe dem Blute Zucker zugeführt.

[1] Pflüger's *Archiv*, 22. Band.

[2] Um die Details dieser wie aller von mir angeführten Versuche kennen zu lernen muss ich auf meine oben citirte Monographie verweisen.

Digitized by Google

Um Einsicht in den Umfang der Zuckerbildung zu erhalten, musste die Differenz des Zuckergehalts des in die Leber einströmenden und des aus der Leber austretenden Blutes ermittelt werden. Dabei kam es vor allem darauf an, diese beiden Blutarten getrennt zu sammeln, und möglichst rein zu erhalten. Die Sammlung des Lebervenenblutes vollführte ich nach drei Methoden: a) nach v. Mering durch eine von der Vena cava inferior eingeführte Canüle; b) durch directen Einstich in eine Lebervene; c) nach Pal-Ikalowič durch Einführung einer Canüle von der Jugularis externa durch die Vena cava superior und am Herzen vorbei in die Vena cava inferior und von dieser in eine Lebervene. Bei den zwei ersten Methoden musste der Bauch weit geöffnet werden, bei der dritten Methode konnte dies umgangen werden, wenn statt des Portalblutes das mit diesem im Zuckergehalt nahezu gleiche Carotisblut zum Vergleich herbeigezogen wird.

Ich habe mehr als 60 Versuche ausgeführt, und das Ergebniss derselben war, dass das Lebervenenblut stets zuckerreicher war als das der Vena portae, resp. der Carotis, und zwar war die Differenz eine sehr beträchtliche. Sie betrug im Durchschnitt 80—100 %, und als Mittel aus meinen Versuchen ergab sich, dass je 100 ccm Lebervenenblut 0.1 gr Zucker aus der Leber in die Circulation führen.

Gegen die Beweiskraft dieser Versuche richten sich in erster Linie alle Einwürfe Pflüger's. Seine Kritik ist eine so ausgiebige und complicirte, dass sie den, der dieser Frage fernsteht, verwirren und den Eindruck hinterlassen muss, dass unter der erdrückenden Last dieser Einwürfe meine Versuchsergebnisse hinfällig geworden, und die darauf gestützte Lehre zusammengebrochen ist.

Ich will darum zur Klärung die Hauptpunkte der Kritik resumiren und an diese die vielen Detaileinwürfe anknüpfen.

Wie ein rother Faden zieht sich durch die ganze Kritik der Gedanke, dass „durch Eröffnung der Bauchhöhle Störungen der Lebensvorgänge im Unterleibe erzeugt werden, welche den Unterschied des Zuckergehaltes zwischen Pfortader- und Lebervenenblut in unbekannter Weise fälschen."

Es ist dies eine Umschreibung für Pavy's oben erwähnte „Sträubungstheorie". Während aber Pavy die Wirkung des Sträubens im Sinne der Bernard'schen Annahme, dass der Leberzucker aus Glycogen entsteht, dadurch plausibel zu machen sucht, dass er annimmt, es sei durch den Widerstand des Thieres die Leber comprimirt und Glycogen in das durch die Leber circulirende Blut gepresst worden, führt Pflüger die durch die Operation angeblich veranlasste Zuckerbildung zurück auf „die Stärke der Erschütterung des Nervensystems, welche mit dem blutigen Eingriff im lebenden Körper verknüpft zu sein pflegt."

Digitized by Google

Es wird kein directer Beweis dafür erbracht, dass die Erschütterung des Nervensystems die Leber veranlassen kann, eine ihrer Wirkungssphäre fernliegende Thätigkeit auszuführen, oder diese zu steigern, wenn sie als normale Lebensäusserung der Leber zugegeben wird. Es wird von mir erwartet, ich sollte Versuche beibringen „um zu beweisen, dass die Eröffnung der Bauchhöhle und alle damit verbundenen Eingriffe von keiner Bedeutung sind."

Ich glaube, es heisst dies den Spiess umkehren, denn ich denke mir, es obliegt demjenigen, der einen ernsten Einwurf gegen Versuchsresultate erheben will, diesen Einwurf durch Beweise zu erhärten.

Wenn auch Pflüger keinen directen Beweis für seine Anschauungen erbracht hat, so sucht er dieselben doch in verschiedener Weise zu stützen. Die Stützen der einen Art sind auf Analogie begründet. Er sagt: „Abgesehen von dem Zuckerstich liegt eine grosse Reihe zuverlässiger Angaben vor, welche bezeugen, dass nach Reizung oder Lähmung sehr verschiedener Nerven Zuckerruhr hervorgerufen werden kann." Aber weiss Pflüger so genau, dass diese Form der Zuckerruhr durch Steigerung der Zuckerbildung hervorgerufen wird? Es ist viel wahrscheinlicher, dass in diesen Fällen die Zuckerausscheidung durch verminderte Zuckerumsetzung veranlasst ist.

Wir haben Gelegenheit eine ähnliche Zuckerausscheidung bei lange dauernder Chloroformnarkose zu beobachten; und diese Zuckerausscheidung wird Pflüger gewiss nicht auf gesteigerte Zuckerbildung beziehen wollen. Auch in der schweren Form von Diabetes mellitus, die so oft mit tief greifenden Störungen im Nervenleben einhergeht, oder durch dieselben veranlasst wird, wird jeder mit dem Studium des Diabetes Vertraute weit eher an gestörten Zuckerumsatz als an gestörte Zuckerbildung denken.

Nebst diesen Beweisen (!) ex analogia bringt Pflüger auch solche e contrario. Diese sind zweierlei Art: 1. Die Herabsetzung der Zuckerausfuhr, wenn an narkotisirten Thieren operirt wird; durch die Narkose wird die „Stärke der Erschütterung" herabgesetzt, und dadurch die anomale Zuckerbildung verhütet. 2. Das Ausbleiben einer vermehrten Zuckerausfuhr, wenn das Lebervenenblut gewonnen wird, ohne dass die Bauchhöhle geöffnet wird.

Ich habe, als mir durch Versuche, die Abeles mittheilte,[1] der Gedanke nahegerückt wurde, dass die geringe Zuckerausfuhr, die er gefunden hatte, dadurch veranlasst sein könnte, dass seine Versuchsthiere anästhesirt waren, über den Einfluss des Anästhesirens auf Zuckerbildung eingehende Versuche

[1] Abeles, Zur Frage der Zuckerbildung in der Leber. *Med. Jahrbücher.* 1887.

Digitized by Google

angestellt. Ich habe bei Thieren, die durch Chloroform, sowie bei solchen, die durch Morphiumeinspritzungen anästhesirt, ferner bei Thieren, die curarisirt waren, vergleichende Zuckerbestimmungen der beiden Leberblutarten ausgeführt,[1] und zwar war das Lebervenenblut nach den drei bekannten Methoden gesammelt worden. Die Versuche ergaben, dass die Narkose durch Chloroform und Morphium, ebenso wie die Curarisirung die Zuckerausfuhr aus der Leber zuweilen wesentlich verringerte. Speciell gilt dies für Chloroformnarkose und Curarisirung. Aber in allen von mir angestellten Versuchen — und deren Zahl betrug 24 — war doch ausnahmslos der Zuckergehalt des Lebervenenblutes grösser als der des Pfortader- oder Carotisblutes. In einzelnen Versuchen war die Differenz eine sehr beträchtliche und ebenso gross wie bei nicht chloroformirten Thieren. Am wenigsten macht sich der Einfluss der Anästhesirung geltend bei Morphiumnarkose; sowohl bei der Blutentnahme nach v. Mering, wie durch directen Einstich war in manchen Versuchen der Gehalt des Lebervenenblutes fast doppelt so gross, als der des Pfortaderblutes.

Ich habe ferner sowohl bei anästhesirten als bei curarisirten Thieren den Zuckergehalt des arteriellen Blutes vor und nach der Narkose untersucht und nahezu ausnahmslos gefunden, dass das nach der Narkose entnommene Blut zuckerreicher war, als das vor der Narkose gesammelte. Diese Versuchsergebnisse besagten, dass durch die Anästhesirung wie durch Curarisirung die Zuckerbildung zuweilen wesentlich vermindert sei, speciell gilt das für Chloroformnarkose, dass aber die Zuckerumsetzung durch die Einwirkung der Anästhetica und des Curare in höherem oder geringerem Grade immer herabgesetzt wird.

Die Ungleichheit der Wirkung der Anästhetica auf die Zuckerbildung hat nichts Ueberraschendes, da auch andere Secretionen — ich nenne nur die augenfälligste, die Harnausscheidung — ebenfalls in der verschiedensten Weise von der Narkose beeinflusst werden. Man findet zuweilen bei anästhesirten Thieren mässige Mengen von Harn in der Blase, während diese bei anderen völlig zusammengezogen ist und kaum einige Tropfen Harn enthält. Wie immer man diese Verschiedenheit auch deuten will, gewiss ist es, dass zuweilen bei Chloroformnarkose, sehr häufig bei Morphiumnarkose, und zwar bei sehr tiefgehender Narkose ein sehr bedeutendes Zuckerplus im Lebervenenblut nachgewiesen werden kann; und durch solche Versuchsergebnisse ist die ganz willkürliche Annahme widerlegt, dass die Zuckervermehrung auf die Ope-

[1] Seegen, Ueber Zuckerbildung in der Leber und über den Einfluss der Chloroformnarkose. *Centralblatt für medic. Wissenschaften.* 1887. Nummer 31 u. 32.

Derselbe, Einfluss von Chloroform, Morphium und Curare auf Zuckerbildung und Zuckerumsatz. *Centralblatt für medic. Wissenschaften.* 1888. Nummer 14 u. 15.

Digitized by Google

ration, resp. auf die Erschütterung des Nervensystems zu beziehen sei.

Der zweite Beweis dafür, dass nur die mit der Baucheröffnung verknüpften schädlichen Einflüsse die bei meinen Versuchen gefundene Zuckerausfuhr verschuldet haben, soll durch Versuche erbracht sein, bei welchen das Lebervenenblut ohne Eröffnung der Bauchhöhle gewonnen wurde.

„v. Mering," so drückt sich Pflüger aus, „gebührt das Verdienst diese Aufgabe durch einen sehr sinnreichen Versuch" gelöst zu haben. „v. Mering verglich, indem er ohne Eröffnung der Bauchhöhle, und ohne dass der Blutstrom in der Vena cava und in der Leber selbst unterbrochen wurde, reines Lebervenen- und Carotisblut, und fand keinen Unterschied im Zuckergehalte beider Blutarten." Ich glaube, hier ist Pflüger etwas Menschliches passirt, er hat sich geirrt.

v. Mering[1] hat zwei Reihen von Versuchen zum Vergleiche des Zuckergehaltes des Lebervenenblutes mit dem anderer Gefässprovinzen angestellt. Bei der einen Serie — Versuche XVIII und XIX — wurde das Lebervenenblut ohne Eröffnung der Bauchhöhle „durch den doppelten Katheter aus der Vena jugularis nach Bernard's Methode" gewonnen. Die Thiere hatten zucker- und dextrinhaltige Nahrung erhalten, das Lebervenenblut enthielt weniger Zucker, als das Pfortaderblut. Mering sagt selbst, bei diesen Versuchen „ist keine Gewähr für vollständige Reinheit des Blutes vorhanden."

Um „reines Lebervenenblut" zu gewinnen hat v. Mering „die bis dahin gehandhabte Katheterisirung" abgeändert und erdachte jene schöne Methode der Blutgewinnung, bei welcher eine Metallröhre durch die Vena cava inferior eingeführt, über der Vena renalis abgeschnürt wird, und durch eine zweite, mit einer Blase an ihrem Ende versehene Röhre das Blut vom Herzen abgeschlossen wird. Nach dieser Methode hat v. Mering jene Versuche (XV, XVI und XVII) ausgeführt, bei welchen das reine Lebervenenblut mit dem der Carotis verglichen, und kein Unterschied im Zuckergehalte der beiden Blutarten gefunden wurde. Gerade diese Versuche geben den schlagenden Beweis dafür, dass der blutige Eingriff, das Eröffnen der Bauchhöhle, die von mir bei nach gleicher (v. Mering'schen) Methode ausgeführten Versuchen gefundene grosse Zuckerdifferenz nicht verschuldet haben kann.

Und dieser Irrthum, dass v. Mering reines Lebervenenblut ohne Eröffnung der Bauchhöhle gewonnen und deswegen keinen Unterschied im Zuckergehalte der beiden Blutarten gefunden hat, wird in den mannig-

[1] v. Mering, Ueber die Abzugswege des Zuckers aus der Darmhöhle. *Dieses Archiv.* 1877.

Digitized by Google

fachsten Varianten gegen mich als meine Lehre „vernichtend" geltend gemacht, und auch das mit den Ergebnissen meiner unter denselben Bedingungen ausgeführten Versuche gewonnene Versuchsresultat Bleile's, wird von Pflüger darauf zurückgeführt „weil er (Bleile) von v. Mering in dem wesentlichen Punkte abweicht, dass er die Bauchhöhle öffnete" und doch hat Bleile, wie er selbst angiebt[1] „um das Blut der Portal- und Lebervenen unvermischt sammeln zu können," die von v. Mering beschriebenen Verfahrungsarten ausgeführt.

Der Eifer, mit welchem Pflüger seinen Irrthum hätschelt und als furchtbare Waffe schwingt, erinnert an die von Frau Ebner-Eschenbach reizend erzählte Geschichte des Freiherrn v. Gemperlein, der einer Braut über Berg und Thal, durch Burgen und Schlösser nachjagte, bis sie sich — als ein Druckfehler im Gotha'schen Almanach entpuppte. In v. Mering's Abhandlung lag kein Druckfehler vor, aber in der Hast, mit welcher das reiche Material für die Kritik herbeigeschafft wurde, hat Pflüger eilig gelesen und so entstand der bedauerliche Irrthum.

Ein weiterer Einwurf Pflüger's wendet sich gegen die Unterbindung der Vena cava. Diese Unterbindung soll die Steigerung des Zuckergehaltes des Lebervenenblutes verschuldet haben. Die Waffe für diesen Angriff habe ich selbst geschmiedet. Ich hatte zufällig gefunden[2], dass wenn Carotisblut nach der Entnahme des Lebervenenblutes gesammelt wurde, dasselbe zuckerreicher war als das vorher gesammelte Carotisblut, und als ich diesem auffallenden Befunde nachging, ermittelte ich, dass die Unterbindung der V. cava im Bauchraume diese Steigerung veranlasse. Ich setzte hinzu, dass mir der Zusammenhang unerklärlich sei. Es war wohl daran zu denken, dass durch die Unterbindung der V. cava ein grosser Theil des Blutes nicht in's Herz gelange, dass der in die Circulation gelangende Leberzucker sich auf ein kleineres Blutquantum vertheile, und dieses daher zuckerreicher sein müsste. Aber v. Mering hatte mitgetheilt, dass durch Braune's Versuche erwiesen sei, dass durch die Unterbindung der Hohlvene unmittelbar vor ihrem Eintritt in die Leber keine durch unsere gegenwärtigen Hülfsmittel nachweisbare Störung des Blutstromes bewirkt wird. Da ich über diese anatomischen Verhältnisse mir kein Urtheil bilden konnte, habe ich mich damit begnügt, und ich habe sogar zwei Versuche, bei welchen das Lebervenenblut (nach v. Mering gewonnen) unverhältnissmässig zuckerreicher war als das Portalblut, aus der Reihe ausgeschaltet aus Besorgniss, dass auch dieser ungewöhnlich grosse Zuckergehalt durch eine zu lange Unterbindung der V. cava veranlasst sein könnte.

---

[1] Bleile, Ueber den Zuckergehalt des Blutes. *Dieses Archiv.* 1879.

[2] Pflüger's *Archiv.* 34. Band.

Digitized by Google

„Durch diese zwei Versuche hat Seegen selbst bewiesen, dass die Unterbindung der V. cava ascendens in der Bauchhöhle den Zuckergehalt des Carotis- und Lebervenenblutes steigert."

Diesmal wird mir von Pflüger eine Vermuthung für einen vollen Beweis angerechnet. Das ist wissenschaftliche, sachliche Kritik!

Und warum hat sich in Mering's Versuch Nr. XVII, dem einzigen, in welchem er Lebervenenblut mit dem vor Ausschaltung des Leberkreislaufes gewonnenen Carotisblut verglich, nicht die Unterbindung der Vena cava durch einen beträchtlichen Unterschied im Zuckergehalte des Lebervenen und des Carotisblutes geltend gemacht?

Ich habe aber selbst durch directe Versuche nachgewiesen, dass die Unterbindung der V. cava im Bauchraume auf die Steigerung des Zuckergehaltes des Lebervenenblutes keinen Einfluss hat. In einigen Versuchen[1] bei welchen das Blut direct aus der Lebervene nach Pal-Ikalović entnommen war, habe ich nach der Blutentnahme den Bauch geöffnet, die Vena cava nach v. Mering abgeschnürt, die in eine Lebervene eingebettete Canüle zurückgezogen und Blut gesammelt. Der Zuckergehalt des so gesammelten Blutes war nur wenig von dem verschieden, welches zuerst gesammelt war, er war in einem Versuche kleiner, in zwei Versuchen nahezu gleich und nur einmal um 0·04 gr grösser. Es war also ganz ungerechtfertigt, wenn ich zwei Versuche mit grossem Zuckergehalte der Lebervene aus oben angeführtem Grunde ausschaltete, und diese zwei Versuche IX und XII führt Pflüger mit grossem Behagen gegen mich in's Feld, kommt wiederholt auf dieselben zurück, und druckt sie in extenso ab

Aber wenn selbst erwiesen wäre, dass die Unterbindung der V. cava im Bauchraume an der Steigerung der Zuckerausfuhr mitbetheiligt sei, blieben doch die Versuche, bei denen das Lebervenenblut nach anderen Methoden gewonnen wurde und bei denen gleichfalls die Zuckervermehrung gegenüber dem Portalblute eine sehr beträchtliche war. Aber da hat Pflüger wieder ein Haar darin gefunden.

Ich habe in den 64 Versuchen, die zur vergleichenden Zuckerbestimmung dienten, das Lebervenenblut 27 mal nach v. Mering (Methode *A*), 33 mal durch directen Einstich (Methode *B*) und 4 mal nach der Methode Pal-Ikalowič (*C*) gesammelt. In allen diesen Versuchen fand ich ausnahmslos das aus der Leber strömende Blut zuckerreicher als das in die Leber eintretende. Das Zuckerplus ist sehr verschieden, es schwankt in ziemlich weiten Grenzen. Es hängt das wahrscheinlich damit zusammen, dass die Zuckerbildung wie jede andere Secretion durch sehr viele Factoren beeinflusst

[1] *Centralblatt für die medic. Wissenschaften.* 1887. Nr. 31 u. 32.

Digitized by Google

wird. Als Mittel meiner Versuche nach Methode *A* betrug die Differenz im Zuckergehalte der beiden Blutarten zu Gunsten des Lebervenenblutes $+0\cdot129=83\%$ des Zuckergehaltes des Pfortaderblutes. Als Mittel von 33 Versuchen nach Methode *B* betrug die Differenz zu Gunsten des Lebervenenblutes $+\ 0\cdot098 = 72\%$ des Zuckergehaltes des Pfortaderblutes.

Pflüger macht nun zu der nach den beiden Methoden *A* und *B* gefundenen Differenz folgende Bemerkung: „Methode *A* lieferte den Ueberschuss des Zuckergehaltes im Lebervenenblute um 32% höher als Methode *B* Da also die Methoden den wahren Werth bald mehr bald weniger, aber für die hier in Betracht kommenden Verhältnisse sehr bedeutend fälschen so muss man schliessen, dass auch der durch Methode *B* erhaltene kleinere Werth sehr wahrscheinlich noch zu gross sei".

Als Ursache für den durch Methode *B* erhaltenen kleineren Werth nimmt Pflüger an, dass, da diese Methode die einfachste ist und am schnellsten zum Ziele führt, sich auch das Aufschneiden des Bauches weniger schädlich erweisen muss.

Es wäre doch einfacher und auch correcter, wenn Pflüger statt dieser willkürlichen Deutung jene auf Thatsachen beruhende Erklärung angenommen, oder wenigstens angeführt hätte, welche ich dafür gegeben habe.[1] Die Differenz nach den beiden Methoden, die — nebenbei gesagt — nicht 32%, sondern mit Rücksicht auf den Zuckergehalt des Pfortaderblutes nur 11% beträgt, ist deshalb kleiner, weil bei einer nicht geringen Zahl von Versuchen, bei welchen die Canüle in eine Lebervene eingestossen wurde, diese einriss, die Canüle herausgeschleudert wurde, und das Blut in den Bauchraum floss, aus dem es zur Analyse genommen wurde. Es konnte einem solchen Blut auch Blut aus der V. cava beigemischt und der Zuckergehalt dadurch diluirt sein.

Ich habe, nachdem ich meine eigenen Versuche über Zuckerbildung in der Leber dargelegt, auch die Versuche aller anderen Forscher auf diesem Gebiete ausführlich mitgetheilt und eingehend besprochen.[2] Ich habe keinen einzigen der gegnerischen Versuche wissentlich unberücksichtigt gelassen, sondern sie ausführlich gewürdigt und zu widerlegen gesucht. Ich habe mir erlaubt, Pflüger auf diese Auseinandersetzung zu verweisen. Pflüger hat meiner Aufforderung in dem Sinne entsprochen, dass er alle diese gegnerischen Versuche mit allen von mir mitgetheilten Details angeführt und gegen mich geltend gemacht hat. Leider hat er vergessen, meine Antworten beizubringen, und so muss ich dieselben hier in Kürze wiederholen.

---

[1] Zuckerbildung im Thierkörper. S. 78.

[2] Zuckerbildung, V. und VI. Vorlesung.

Digitized by Google

Abeles hat drei Serien von Versuchen über Zuckergehalt der verschiedenen Gefässbezirke mitgetheilt. Die erste Serie[1] bringt Analysen des Zuckergehaltes des Pfortaderblutes und des aus der V. cava ascendens gesammelten Blutes. Diese beiden Blutarten hatten den gleichen Zuckergehalt, und Abeles kam damals zu dem Schlusse, dass auf Grundlage der vergleichenden Blutanalysen die Frage, „ob die Leber im physiologischen Zustande eine ihr ausschliesslich oder doch ganz besonders zukommende zuckerbildende Function habe, verneint werden müsse."

In einer späteren Arbeit[2] hat Abeles selbst erklärt, dass er damals nie reines Lebervenenblut, sondern nur Herz- oder Cavablut untersucht habe, und „dieser Umstand, zusammengenommen mit der Unvollkommenheit der chemischen Methode, mochte ein irriges Resultat herbeigeführt haben". Er hat nun in einer zweiten Reihe die beiden Blutarten genau nach der von mir ausgeführten, modificirten v. Mering'schen Methode gesammelt, ihren Zuckergehalt bestimmt, und nun erhielt er genau das von mir gefundene Resultat. Das Blut der Vena hepatica enthielt 2—3mal soviel Zucker als das der Vena portae. Da er Zahlen fand, die mit den meinen stimmten, glaubte er eine Weile, die zuckerbildende Function der Leber als erwiesen ansehen zu können. Aber die Steigerung des Zuckergehaltes im arteriellen System nach Unterbindung der Vena cava, die ich beobachtet, und auch er bestätigt gefunden hatte, machte ihn doch bedenklich, da ja anzunehmen war, dass „das Plus an Zucker im Lebervenenblut ebenfalls ein Product des Insultes des Organs sei..... Die Leber, die ein so reges Leben zu führen hat, ist auch in ihrem Stoffwechsel empfindlich, und es ist in hohem Grade möglich, dass die Zuckerbildung, die von Pavy eine postmortale genannt ist, schon intra mortem beginnt, oder selbst auf traumatische oder toxische Schädlichkeiten von geringerer Intensität eintritt".

Er hat nun eine dritte Reihe von Versuchen ausgeführt, bei welchen das Lebervenenblut nach der Methode von Pal-Ikalowič durch directes Katheterisiren der Lebervenen gesammelt wurde. Er meinte nach dieser Methode sei das Lebervenenblut gesammelt worden, „ohne das Organ zu sehr zu beleidigen". Bei dieser letztgenannten Serie waren die Thiere durch Chloroform narkotisirt. Bei diesen Versuchen war die Zuckerdifferenz zwischen den beiden Blutarten eine sehr mässige, und Abeles kam nun zu dem Schluss, „es lasse sich aus diesen Thatsachen nicht mit logischer Nothwendigkeit der Schluss ableiten, dass die Leber unter physiologischen Bedingungen keinen Zucker erzeuge. Aber jedenfalls lasse sich sagen, dass

[1] Der physiologische Gehalt des Blutes. *Medic. Jahrbücher.* 3. Heft. 1875.
[2] l. c.

Digitized by Google

diese Thätigkeit der Leber in dem von Seegen angenommenen Ausmaasse nicht existirt".

Ich habe auf die Versuche von Abeles nicht mit Worten, sondern mit Gegenversuchen geantwortet, indem ich eine Reihe von Versuchen nach der gleichen Methode sowohl an chloroformirten, als an nicht chloroformirten Thieren ausführte. Die ersten ergaben nur eine mässige Differenz zwischen den beiden Blutarten, während die Versuche an nicht anästhesirten Thieren eine Zuckerausfuhr ergaben, die sogar grösser war als die nach den beiden anderen Methoden gefundene. Es war also nicht die Differenz der Methoden, nicht der geringere Leberinsult, der die abweichenden Resultate in den Versuchen von Abeles ergab, es war einfach die Wirkung des Chloroforms. Durch diese Versuche ist auch der Schluss, den Abeles an die dritte Serie seiner Versuche knüpfte, unhaltbar geworden und die fettesten Lettern, mit welchen Pflüger denselben abdruckt, machen ihn nicht beweiskräftig. Pflüger citirt auch „unter den Thatsachen, welche jeden überzeugen müssen, dass der schwere Eingriff, welcher mit der Gewinnung des Lebervenenblutes nothwendig verbunden ist, einen erheblichen Einfluss auf den Zuckergehalt dieses Blutes ausübe", dass Abeles in einigen Versuchen ein Anwachsen des Zuckergehaltes im Blute der Lebervenen nachweisen konnte, wenn er die Sonde oder die Canüle längere Zeit liegen liess. Ich habe auch diese Versuche ausgeführt und durch weitere Versuche,[1] bei welcher die Leber durch die eingeführte Sonde gar nicht berührt wurde, den Beweis erbracht, dass durch das Liegenbleiben der Sonde oder Canüle die Zuckerausfuhr gehemmt ist, und dass in Folge dessen das in getrennten Zeitabschnitten ausfliessende Blut immer mehr mit Zucker saturirt ist, dass diese Stauung sogar einen Rückfluss des Blutes durch die Pfortader bewirkt, und dass das unter diesen Bedingungen ausfliessende Blut weit zuckerreicher ist, als das vor dieser Stauung gesammelte Portalblut. Diese Versuche sind ein Beweis mehr für die stetige Zuckerbildung in der Leber. Das in einen Schacht geleitete Wasser kann unmöglich Kochsalz aufnehmen und sich je nach der Dauer des Verweilens mehr oder weniger saturiren, wenn nicht in dem Gestein Kochsalz enthalten ist.

Auf v. Mering's meine „Lehre vernichtende Versuche", wie Pflüger sich ausdrückt, bin ich bereits früher ausführlich eingegangen. Derselbe hat, wie erwähnt, 5 Versuche angestellt, in 2 dieser Versuche wurde das Lebervenenblut bei nicht geöffnetem Bauche nach Bernard's Methode entnommen, und v. Mering bezweifelt, dass es reines Lebervenenblut ge-

[1] *Centralblatt für die medic. Wissenschaften.* 1887. Nr. 19.

Digitized by Google

wesen sei. In drei Versuchen war das Lebervenenblut nach v. Mering's ad hoc, d. h. zur Sammlung von reinem Lebervenenblute erdachten Methode durch eine in die V. cava ascendens eingeführte Canüle entnommen. In diesen 3 Versuchen war das Lebervenenblut mit dem der Carotis verglichen. Das Carotisblut war zweimal nach Unterbindung der V. cava und nur einmal vor Ausschaltung des Pfortaderkreislaufes, also vor Unterbindung der V. cava im Bauchraum gesammelt. Er fand im Carotisblute 0·17 % und im Lebervenenblute 0·19 % Zucker.

Diesem einzigen Versuche gegenüber stehen die von mir ausgeführten 60 Versuche, aber Pflüger findet in seiner streng objectiven Kritik: „Seegen sucht die seine Lehre vernichtenden Versuche v. Mering's ohne Nachprüfung kurzer Hand abzuthun durch einige Einwände, deren Unüberlegtheit daraus folgt, dass diese Einwände, falls sie berechtigt wären, gegen Seegen's eigene Versuche mit grösserem Gewichte gelten müssten".

Diese Einwände beziehen sich auf die Bestimmung des Zuckergehaltes im Serum. Sie waren in meiner ersten Abhandlung[1] über diesen Gegenstand enthalten; aber ich habe sie selbst fallen lassen, habe sie in meiner Monographie nicht angeführt, und es ist interessant, dass Pflüger, der sonst meinen Einwendungen wenig Rechnung trägt, gerade diesem an die Urquelle nachgegangen ist. Ich habe diesen Einwand fallen lassen, als ich mich durch einige Bestimmungen überzeugt hatte, dass das Lebervenen- und das Pfortaderblut die gleiche Menge Wasser enthalten. Ich fand dieses Versuchsresultat übereinstimmend mit dem von Flügge, und ich habe diese Versuche Flügge's ausführlich citirt.[2] Pflüger fordert mich auf, zu sagen, was mich berechtigt, Flügge's mir widersprechende Resultate „mit Stillschweigen zu übergehen". Diesesmal hat Pflüger wieder minder genau gelesen.

Bleile[3] hat an sechs mit Zucker und Dextrin gefütterten Thieren vergleichende Bestimmungen ausgeführt. Bei zwei Versuchen wurde das Lebervenblut nach Bernard gesammelt, also kein reines Leberblut erhalten; bei vier anderen wurde es nach v. Mering's Methode gesammelt. Bei diesen letzteren war der Zuckergehalt des Lebervenenblutes grösser als der des Pfortaderblutes. Ich verwendete „natürlich" diese Versuche für mich, sagt Pflüger, aber ich habe dabei „folgendes zu erwägen vergessen": Bleile fand im Mittel

im Portalserum . . . 0·285 Procent Zucker
im Serum der V. hepatica 0·334 „ „

---

[1] Pflüger's *Archiv*. S. 34.
[2] Die Zuckerbildung etc. S. 79.
[3] l. c.

Digitized by Google

das ist ein Unterschied von 17 Procent im Zuckergehalt. Da nach den Methoden A und B der Zuckergehalt um 32 Proc. differire, ist Seegen „nicht berechtigt, bei den Untersuchungen Bleile's aus dem Unterschied von 17 Procent für sich günstige Schlüsse zu ziehen".

Aber ich habe ausdrücklich hervorgehoben, warum Bleile nur diese geringe Differenz im Zuckergehalte der beiden Blutarten erhielt, weil nämlich seine Versuchsthiere mit Zucker und Dextrin gefüttert wurden. Bei derselben Fütterung hatte auch ich selbst nur ein Zuckerplus von 20 Procent im Lebervenenblute gefunden. Es wird nämlich ein Theil des Nahrungszuckers als Glycogen deponirt, und die geringe Differenz ist nicht der wirkliche Ausdruck für den in der Leber aufgenommenen Zucker, da dieser auch an die Stelle des in der Leber zurückgehaltenen Nahrungszuckers getreten ist und also in der Differenzziffer nicht zur Erscheinung kommt. Ich habe auf diese fast ziffernmässig übereinstimmenden Befunde in meinen und Bleile's Versuchen hingewiesen.[1] Aber Pflüger hat diesen Hinweis auf eine thatsächliche Uebereinstimmung unter den Tisch fallen lassen.

Ich habe die Zuckerbildungsfunction auch aus den Ausschaltungsversuchen zu erweisen gesucht. Durch Versuche von Bock und Hoffmann und von mir wurde festgestellt, dass bei Ausschaltung der Leber, der Zucker im Blute sehr rasch abnimmt, d. h. dass der Zucker umgesetzt wird. Da nun die Menge des Blutzuckers unter normalen Verhältnissen für jedes Thier nahezu gleich bleibt, muss der umgesetzte Blutzucker immer ersetzt werden, d. h. die Quelle desselben muss stets Zucker liefern.

Pflüger wendet gegen diese bei Ausschaltungsversuchen gefundene Zuckerabnahme Folgendes ein: „Beim Absterben der Gewebe geht gelöstes in geronnenes Eiweiss über, welches auf physikalischem Wege, wie aus den Versuchen von Dr. Friedrich Schenk hervorgeht, gelösten Zucker anzieht." (!) Diese Einwendung hat Pflüger wohl nicht ernst gemeint, und ist dieselbe auch nicht ernst zu discutiren. Bei Enteiweissung des Blutes, nach welcher Methode es auch immer geschehe, wird mit dem sich bildenden Coagulum zuckerhaltige Flüssigkeit mitgerissen, die durch Auswaschen mehr oder minder schwer aus dem Coagulum verdrängt wird. Dadurch entsteht in toto ein Zuckerverlust, bei welchem die procentische Zusammensetzung der enteiweissten Flüssigkeit gleich bleiben kann. Eine „Aufsaugung" des Zuckers durch das Eiweisscoagulum ist wohl eben so wenig wahrscheinlich, wie die früher von Schenk angenommene und wieder fallen gelassene Erklärung des Zuckerverlustes durch eine stattgehabte Zucker-Eiweissverbindung. Erwähnen will ich auch, dass in einem meiner

[1] Die Zuckerbildung. S. 91.

Digitized by Google

Ausschaltungsversuche das zweite Carotisblut, welches dem Thiere nach Ausschaltung des Leberkreislaufes entzogen wurde, noch im kräftigen Strahle floss, und dass trotzdem der Zuckergehalt bereits auf die Hälfte gesunken war.

Eine zweite Einwendung gegen die Zuckerumsetzung ist die, es sei ja bekannt, dass der Blutzucker auch ausserhalb des Körpers und bei gewöhnlicher Temperatur verschwinde; aber diese Umsetzung ist eine sehr allmähliche und bei Zimmertemperatur ist noch nach 48 Stunden mehr als die Hälfte des ursprünglichen Blutzuckers erhalten.[1] Aber selbst wenn eine Umsetzung angenommen werde, fährt Pflüger fort, sei auf Grundlage der gefundenen Umsetzungsziffern doch nur zu berechnen, dass bei meinem Hunde von 41 kg in 24 Stunden 66·9 gr Zucker umgesetzt würden. Wie weit entfernt ist diese Ziffer, meint Pflüger, von dem was ich annehme, dass ein Hund von dieser Grösse in 24 Stunden 433 gr Zucker aus der Leber in die Circulation bringt. Die Zuckerumsetzung des sterbenden Thieres mit der eines gesunden Thieres vergleichen zu wollen, ist ebenso, als ob man das Kostmaass eines kräftigen Soldaten aus der Diättabelle eines Typhuskranken bestimmen wollte!

Um einen Einblick in den Umfang der Zuckerausfuhr aus der Leber zu erhalten, ist nächst der Kenntniss der Befrachtungsgrösse auch unerlässlich, sich Aufschluss zu schaffen über die Blutmenge, welche in einer Zeiteinheit durch die Leber strömt. Ich habe dies dadurch zu erreichen gesucht, dass ich nach der Methode von v. Basch und unter seiner Mithilfe durch die Milzvene eine Canüle einführte, diese bis an den Hilus der Pfortader vorschob, dort abschnürte, das ausströmende Blut in Maasscylindern sammelte und mittelst Metronom die Sekundenzahl notirte, welche das Anfüllen jedes Cylinders erforderte. v. Mering hatte nach derselben Methode die Grösse der Lebercirculation bestimmt. Andere Forscher haben auf anderen Wegen die Grösse der Circulation durch die Leber festzustellen gesucht, so Heidenhein, Flügge und Bleile. Ersterer berechnet bei einem 8 Kilo schweren Hunde die in 24 Stunden die Leber durchströmende Blutmenge auf 146 L., was der von mir gefundenen Ziffer sehr nahe kommt. Flügge und Bleile kamen zu höheren Ziffern. Bei meinen Messungsversuchen muss berücksichtigt werden, dass das Blut, welches aus der Milz kommt vom Zuflusse abgeschnitten war, und dass auch das durch die Leberarterien in die Leber gelangende Blut nicht in Rechnung kam.

Pflüger findet, dass diese Differenzen in den Angaben über die Circulationsgrösse den Beweis liefern „für die Unsicherheit unserer Kenntnisse über die Blutmengen, die in 24 Stunden durch die Leber fliessen".

[1] Die Zuckerbildung. S. 190.

Digitized by Google

Ich stimme hier mit Pflüger vollkommen überein, und darum habe ich meine Messungsresultate nur als annähernd bezeichnet. Es wird Niemandem einfallen, an der Mächtigkeit der Portalcirculation zu zweifeln, und wenn nun auf Grundlage verschiedener Methoden versucht wurde, diese Grösse zu ermitteln, darf doch die Ziffer, welche den kleinsten Werth repräsentirt, als diejenige angesehen werden, welche wahrscheinlich tief unter der Wirklichkeit ist, und einer auf dieselbe gegründeten Berechnung kann der Vorwurf nicht gemacht werden, mit imaginären Grössen gerechnet zu haben.

Zum Schlusse bespricht Pflüger „noch eine Thatsache, welche die gesammte Lehre Seegen's bündig widerlegt". Ich habe berechnet, dass bei einem Thiere, welches ausschliesslich mit magerem Fleisch gefüttert wird und sich im Beharrungszustande befindet, der überwiegend grösste Theil des Kohlenstoffes des verfütterten Fleisches zur Bildung von Leberzucker verwendet wird. „Wenn dies wahr wäre, müsste bei reiner Fleischkost fast alles Eiweiss nur in der Leber zu Zucker und Harnstoff zersetzt werden. Der ganze Stickstoffumsatz würde sich fast ausschliesslich in der Leber vollziehen".

Durch die Versuche Minkowski's an entleberten Gänsen ist festgestellt, dass nach der Leberexstirpation die Stickstoffausscheidung noch immer die Hälfte bis zwei Drittel der von gesunden Gänsen ausgeschiedenen Stickstoffmenge beträgt. Der Stickstoff ist bei den entleberten Gänsen in Form von Ammoniak ausgeschieden worden, und Pflüger sagt: „Minkowski's Versuche führen zu dem wichtigen Schlusse, dass bei dieser Zersetzung des Eiweisses der Stickstoff ganz überwiegend in der Form des Ammoniaks aus dem Eiweissmolecule in Verein mit Kohlensäure und Milchsäure austritt. Bei Abwesenheit der Leber verlassen diese Zersetzungsproducte den Körper unverändert durch die Nieren und Lungen. Bei Anwesenheit der Leber aber werden in dieser die in den verschiedenen Organen aus dem Eiweisse gebildeten Ammoniaksalze zu Harnsäure synthetisch aufgebaut. Diese Ergebnisse Minkowski's sind in vollendeter Uebereinstimmung mit den bahnbrechenden Entdeckungen Schmiedeberg's und Schröder's, welche zuerst die Bedeutung der Leber für Amidbildung und der Umwandlung der Ammoniaksalze in Amid durch die Leber der Säugethiere endgiltig festgestellt haben".

Alle bisherigen Einwürfe Pflüger's gegen die Resultate meiner Versuche trafen mein eigenstes Forschungsgebiet, und ich hatte nachzuweisen, dass die Grösse der Zuckerbildung, wie ich sie gefunden habe, nicht auf Rechnung des operativen Eingriffes zu setzen sei, dass sie vielmehr den Ausdruck für einen normalen Lebensvorgang bilde.

Digitized by Google

Die letzte Einwendung soll nachweisen, dass die Ergebnisse meiner Versuche mit Resultaten, die auf einem ganz anderen Forschungsgebiet gefunden wurden, im Widerspruch stehen. Nun könnte ich einfach antworten, dass es nicht an mir sei, diesen Widerspruch zu lösen. Aber wie mir scheint, besteht ein Gegensatz zwischen den gefundenen Thatsachen nicht, und nur die Schlüsse, welche Pflüger aus diesen Thatsachen zieht, und meine Versuchsergebnisse stehen nicht in vollem Einklang.

Ich habe gerade Schröder's sehr interessante Versuchsresultate über Harnstoffbildung in der Leber freudig begrüsst als Bestätigung dafür, dass der ganze Umsatz der stickstoffhaltigen Nahrung sich in der Leber vollzieht. Schröder hat bekanntlich nachgewiesen, dass die Leber bei Durchleitung von Blut, welchem kohlensaures Ammoniak zugesetzt ist, Harnstoff zu bilden vermag, während bei Durchleitung von mit kohlensaurem Ammoniak versetztem Blut durch die Nieren und durch die Muskeln kein Harnstoff gebildet wurde. Die Thatsache stand also fest, dass der Leberzelle die Fähigkeit zukommt, Harnstoff zu bilden. Eine zweite Thatsache, welche Schröder gefunden hat, war die, dass bei Durchleitung von Blut, welches einem Hunde während der Verdauung entnommen wurde, auch ohne Zuthat von kohlensaurem Ammoniak, durch gleichfalls während der Verdauung entnommene Lebern Harnstoff, wenn auch in kleinen Mengen, gebildet werde.

Durch die Versuche Schmiedeberg's und seiner Schüler war festgestellt, dass Ammoniak im Thierkörper in Harnstoff übergehe. Es war also denkbar, dass Ammoniak eine Vorstufe für den im Körper gebildeten Harnstoff sei. Dass der im Körper gebildete Harnstoff wirklich aus Ammoniak entstehe, ist in keiner Weise festgestellt.

Minkowski hat bei entleberten Gänsen nachgewiesen, dass trotz der Leberexstirpation doch etwa die Hälfte bis zwei Drittel des von gesunden Thieren unter gleichen Ernährungsbedingungen umgesetzten Stickstoffes in Form von Ammoniak ausgeschieden werden. Mit dem Ammoniak werden auch grosse Mengen Milchsäure durch den Harn entleert.

Das sind die gewonnenen Thatsachen. Aber von diesen bis zu dem Schlusse, den Pflüger zieht, ist es noch unendlich weit. Minkowski sagt selbst:[1] „Welche Bedeutung der nach der Leberexstirpation beobachteten Milchsäure zukommt, das muss vorläufig noch unentschieden bleiben", und wenn auch Manches dafür spricht, dass sie bei der Harnsäurebildung Verwendung findet „darf dieses vor der Hand noch nicht als erwiesen betrachtet werden. Möglicherweise ist hier auch eine Beziehung

[1] *Archiv für exper. Pathol. u. Pharmakol.* Bd. 21. S. 87.

Digitized by Google

zu der beim Menschen nach acuter Phosphorsäurevergiftung beobachteten Milchsäureausscheidung vorhanden."

Es wäre auch denkbar, dass bei entleberten Gänsen durch den Ausfall der Leberfunction, also durch ausfallende Zucker- und Harnsäurebildung Milchsäure und Ammoniak als anomale Zersetzungsproducte in den Geweben gebildet werden. Aber auch wenn es festgestellt wäre, dass dieselben die normalen Vorstufen für die Harnsäure constituiren, ist doch die Annahme nicht ungerechtfertigt, dass beim gesunden Thiere diese Vorstufen in der Leber gebildet werden.

Die aus meinen Versuchen hervorgehende Thatsache, dass bei Thieren im Beharrungszustande, die ausschliesslich mit magerem Fleische gefüttert werden, der grösste Theil des verfütterten Kohlenstoffes zur Zuckerbildung in der Leber verwendet wird, deutet darauf hin, dass die Umsetzung der Eiweisskörper sich in der Leber vollzieht. Es ist unzweifelhaft, dass die Harnstoffbildung zu der Menge der eingenommenen Nahrung im Verhältniss steht, und dass sie bei genügender Zufuhr stickstoffhaltiger Nahrung einzig und allein aus dieser stammt. Die Thatsache steht auch fest, dass die Leber Harnstoff zu bilden im Stande ist. Ueber die Vorstufen dieses Harnstoffes wissen wir gar nichts Bestimmtes, also noch weniger über die Bildungsstätten derselben, und wir können uns sehr gut denken — und keine einzige Thatsache steht damit in Widerspruch —, dass die aus der stickstoffhaltigen Nahrung stammenden, der Leber mit dem Pfortaderblute zugeführten Eiweisskörper in der Leber vollständig umgesetzt werden, dass der Stickstoff schliesslich in Form von Harnstoff ausgeschieden wird, und der Kohlenstoff zu Zucker, d. h. zu jenem Brennmateriale umgewandelt werde, welches die gesammte Arbeitsleistung des Körpers, in welcher Form sie auch auftritt, ermöglicht.

Ich habe damit meine Aufgabe erledigt und die von Pflüger erbrachten kritischen Einwände eingehend zu widerlegen gesucht. Ich bedauere sehr, dass Pflüger seine Kritik in so unschöner und verletzender Art gebracht hat, sonst könnte ich ihm für dieselbe aufrichtig Dank sagen. Ich habe es eifrig gewünscht, dass meine Lehre discutirt und mir Gelegenheit gegeben werde, das Unklare aufzuklären, die schwachen Punkte zu stützen und für das Feststehende mit Entschiedenheit einzutreten. Pflüger hat diese Lehre mit dem scharfen Auge eines Gegners geprüft und von allen Seiten mit den wuchtigsten und nicht immer commentmässigen Hieben angegriffen. Wenn diese Angriffe die beabsichtigte vernichtende Wirkung nicht gehabt haben, ist dies ein Beweis dafür, dass das Lehrgebäude nicht auf unsolider Grundlage ruht.

Wien im December 1891.

Digitized by Google

Zur physikalischen Chemie der Schwimmblasengase.

Von

G. Hüfner.

(Hierzu Tafel II.)

Ueber den Sauerstoffgehalt der Schwimmblasenluft einiger Tiefseefische.

In der Pfingstwoche des vergangenen Jahres (Mai 1890) erhielt ich während eines mehrtägigen Aufenthaltes zu Langenargen am Bodensee durch das freundliche Entgegenkommen des Fischereibesitzers Hrn. Rentner Wahl daselbst Gelegenheit, die Schwimmblasengase einer Anzahl frisch gefangener Kilche aufzusammeln, d. h. jener eigenthümlichen, zur Salmonidengattung Coregonus gehörigen Tiefseefische, die nur den Bodensee und auch da vorzugsweisse nur die Seite von Langenargen (Württemberg) bewohnen.

Es gilt der Kilch, Coregonus acronius (Rapp), als ein Tiefseefisch im eigentlichen Sinne des Wortes. Die Fischer versichern, dass er sich beständig in einer Tiefe von 60—80 Metern aufhalte. Niemals kommt er freiwillig der Oberfläche nahe, und das ist wohl der Grund, wesshalb man verhältnissmässig noch recht wenig von seiner Naturgeschichte weiss [1]). Wird er mittels des Netzes aus der Tiefe heraufgezogen, so schwillt seine Luftblase, die einfach ist, einen Luftgang besitzt und sich durch die ganze Länge der Bauchhöhle erstreckt, erstaunlich an und verleiht ihm ein so

[1] W. v. Rapp, Die Fische des Bodensees (*Jahreshefte des Vereins für vaterl. Naturkunde.* 1854, S. 158—160). — C. Th. v. Siebold, Ueber den Kilch des Bodensees (*Zeitschrift für wissensch. Zoologie*, 1858, S. 295—299). — Weissmann, Das Thierleben am Bodensee (*Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees*, 1876, Bd. VII., S. 139). — Klunzinger, Die Fische in Württemberg, faunistisch-biologisch betrachtet, und die Fischereiverhältnisse daselbst (*Württembergische naturw. Jahreshefte*, 1881, S. 260).

Digitized by Google

wunderliches Aussehen, als wäre er mit einem Kropfe behaftet — woher auch sein Name „Kropffelchen"; ja bei allzuraschem Emporziehen kann die Blase sogar zerplatzen.

Die Thiere, die ich zur Untersuchung bekam, waren, wie schon bemerkt, eben frisch mit dem Netze gefangen, lagen aber, vom Drucke der geschwellten Blase bereits asphyktisch geworden, mit dem Rücken nach unten an der Oberfläche des Wassers; so dass ich mich beeilen musste, die Blase mittels des Troikarts anzustechen, um die Gase aufzufangen, bevor die Thiere ganz abstarben. Die Aufsammlung und Aufbewahrung der Gase geschah nach der bekannten Bunsen'schen Vorschrift; die Analyse derselben wurde in Tübingen ausgeführt.

Nach Biot's[1], Delaroche's[2] und Configliachi's[3] viel citirten Beobachtungen über den Einfluss der Tiefe auf den Sauerstoffgehalt der Schwimmblasenluft, ebenso wie nach den darauf bezüglichen Versuchen Moreau's[4], hätte man bei den Kilchen einen sehr hohen Sauerstoffgehalt erwarten sollen, jedenfalls einen solchen, der höher gewesen wäre als derjenige der Atmosphäre: die Analysen lehrten aber das Gegentheil. Zum Beweise gebe ich hier die analytischen Resultate für die 9 Gasproben, deren jede einem besonderen Kilche entnommen war, in Volumprocenten.

Tabelle I.

Nummer des Fisches	Sauerstoff	Stickstoff	Kohlensäure
1	2·46	95·80	1·73
2	0·17	99·20	0·61
3	0·11	98·89	1·00
4	0·00	99·32	0·68
5	5·43	94·57	0·00
6	0·00	100·00	0·00
7	0·00	99·38	0·62
8	0·00	100·00	0·00
9	18·44	80·41	1·15

Man sieht, dass mit Ausnahme von Probe 5 u. 9 die Blasen nahezu mit reinem Stickgase erfüllt waren, ja dass in einigen Fällen (6 u. 8) nicht allein der Sauerstoff, sondern sogar auch die Kohlensäure vollständig fehlte. Bei Versuchsthier 9 aber bin ich nicht ganz sicher, ob nicht während des

[1] Gilbert's *Annalen*, 1807. Bd. XXVI. S. 457—458.
[2] Schweigger's *Journal*, 1811. Bd. I. S. 123 u. 169.
[3] Ibidem S. 146.
[4] *Mémoires de Physiologie.* Paris 1877. p. 74—75.

Digitized by Google

Transportes durch einen feinen Sprung im zugeschmolzenen Glase eine allmälige Vermischung des Gases mit atmosphärischer Luft stattgefunden hatte. Mein Glaube an die Richtigkeit des Satzes, dass, je tiefer im Wasser ein Fisch sich aufzuhalten pflege, um so grösser der Sauerstoffgehalt seiner Blasenluft sei, war durch diese Erfahrungen zunächst bedenklich erschüttert.

Man wird wohl nicht ernstlich einwenden, dass ja die Fische, seitdem man sie aus der Tiefe an die Oberfläche gezogen, infolge der durch die enorm geblähte Blase hervorgerufenen Störung der Blutcirculation asphyktisch geworden und dass daher ihr in der Blasenwand enthaltenes Blut in die Lage gekommen sei, seinen Bedarf an Sauerstoff plötzlich auf Kosten des in der Blase vorhandenen Vorrathes davon decken zu müssen. Gegen eine derartige Auffassung spricht eben bei der Mangelhaftigkeit der Circulation die Kürze der Zeit und vollends gegen die Vermuthung eines etwa dagewesenen, wohl gar abnorm hohen, Sauerstoffgehaltes die schon bis nahe zum Platzen starke Füllung der Blase mit Stickgas. Gelang es mir doch, ungefähr 120 ccm Gas, gemessen bei etwa 740 mm Druck und einer Temperatur von ungefähr 15 Grad, aus der Blase eines einzigen Kilches von kaum 25 cm Länge und 300 grm Gewicht aufzufangen, ohne dass dessen Blase damit schon vollständig entleert gewesen wäre.[1]

Ein etwas grösserer, aber immer noch minderwerthiger Sauerstoffgehalt fand sich in den Blasen zweier Kilche, die im Herbste dieses Jahres gleichfalls bei Langenargen gefangen waren. Die Zusammensetzung ihrer Luft war nämlich die folgende:

Tabelle II.

Nummer des Fisches	Sauerstoff	Stickstoff	Kohlensäure
1	14·63	84·33	1·04
2	12·09	87·56	0·35

[1] Zum Vergleiche seien hier aus der Litteratur ein paar interessante Angaben über den Blaseninhalt zweier anderer Fische mitgetheilt. Humboldt (*Reise in die Aequinoctialgegenden.* Deutsche Bearbeitung. Stuttgart 1859. Bd. I. S. 176—180) berichtet von einer Art der fliegenden Fische, Exocoetus volitans, dass die Blase bei einem 6·4 Zoll langen Exemplare 3·6 Zoll lang und 0·9 breit gewesen und dass sie 3·5 Kubikzoll Luft enthalten habe. In metrischem Maasse ausgedrückt bedeutet das — unter der Voraussetzung, dass Humboldt's Angaben sich, wie gewöhnlich, auf altfranzösisches Maass beziehen — einen Rauminhalt der Blase von 69·4 ccm bei einem Fische von 17·3 cm Länge. Den gasigen Inhalt selbst fand Humboldt aus 4 Vol.-Procent Sauerstoff, 94 Procent Stickstoff und 2 Procent Kohlensäure zusammengesetzt. Ferner enthielt die Schwimmblase eines 2 Kilo schweren Karpfens nach Humboldt und Provençal (Schweigger's *Journal.* 1811. Bd. I. S. 119) einen Luftraum von 103 ccm.

Digitized by Google

Zu den Tiefseefischen des Bodensees gehören auch der Barsch (Perca fluviatilis) und die Trüsche oder Aalraupe (Lota vulgaris), wenn auch nicht in gleich entschiedenem Sinne wie der Kilch. Jedenfalls weiss man bestimmt, dass der Barsch der Seeen oft beträchtliche Tiefen bewohnt und dass bei plötzlichem Heraufziehen desselben an die Oberfläche seine Blase gleichfalls sehr häufig zerplatzt; und von der Trüsche ist bekannt, dass sie Seeen mit klarem, kaltem Wasser den Flüssen vorzieht und dass sie im Winter in sehr beträchtlicher Tiefe laicht. Beide gehören zu den Fischen mit geschlossener Blase, im Gegensatze zum Kilch, dessen Blase, wie oben angegeben, einen Luftgang besitzt.

Ich hatte im Herbste dieses Jahres bei einem abermaligen Aufenthalte in Langenargen Gelegenheit, die Schwimmblasengase auch dieser beiden Fischarten aufzusammeln, und zwar die Gase von 2 Barschen und von einer Trüsche. Alle 3 Fische waren unmittelbar vorher mit dem Netze aus der Tiefe gezogen, ebenso wie die Kilche.

Die Luft der Barsche nun hatte etwa die gleiche Zusammensetzung wie diejenige eines Flussbarsches, der bei Tübingen gefangen worden. Man vergleiche z. B. folgende Uebersicht der betreffenden analytischen Daten:

Tabelle III.

Nummer des Fisches	Sauerstoff	Stickstoff	Kohlensäure	Bemerkungen
1	15·3	83·2	1·5	Barsche vom Bodensee
2	16·5	82·1	1·4	
3	14·6	82·5	2·9	Barsch aus der Blaulach bei Tübingen

Dagegen enthielt die Blase Lota vulgaris in der That

Sauerstoff	64·8	Procent
Stickstoff	29·9	„
Kohlensäure	5·3	„

und erschien dabei unter gewöhnlichem Drucke sehr prall gefüllt.[1]

Nach diesem einen positiven Befunde durfte ich an der Richtigkeit der Angaben früherer Autoren über den bisweilen ausserordentlich hohen Sauerstoffgehalt der Schwimmblasenluft nicht länger zweifeln.

[1] Erman (Gilbert's *Annalen*. 1808., Bd. XXX. S. 131) fand bei 4 Exemplaren derselben Fischart für den Sauerstoffgehalt die Zahlen 15·2; 18·0; 14·6 und 11·6. — Vergl. die Bemerkungen auf S. 77.

Digitized by Google

Ueber den Sauerstoffgehalt des Gasgemenges, das nach künstlicher Entleerung der Schwimmblase lebender Fische sich allmälig von Neuem in ihr ansammelt.

Durch eine Reihe von Versuchen, die er an lebenden Fischen anstellte ist es bekanntlich Moreau[1] gelungen zu zeigen, dass der Sauerstoffgehalt der Schwimmblase sich künstlich auf dreierlei Weise erhöhen lässt:

1. dadurch, dass man ihre Blase, sei es durch Verbringen des ganzen Thieres in einen luftverdünnten Raum, sei es durch Anstechen mittels Troikarts zuerst entleert und die Thiere alsdann zwingt, während längerer oder kürzerer Zeit, abgesperrt von der Oberfläche, ganz unter Wasser zu verweilen;

2. dadurch, dass man sie nöthigt, einige Zeit hindurch in einer grösseren Tiefe zuzubringen, als diejenige ist, in der sie zu leben gewohnt sind;

3. durch Zerschneidung der sympathischen Nervenfasern, von welchen die zur Schwimmblase tretenden Arterien begleitet sind (bei Tinca).

Von diesen 3 Verfahren laufen, wie man sieht, die ersten 2 auf die Schaffung eines wirklichen Bedürfnisses hinaus, dessen Befriedigung dann auf physiologischem Wege erfolgen muss.

Im ersten Falle nämlich handelt es sich um eine beinahe gänzliche Neufüllung der vorher fast völlig entleerten Blase; im zweiten wenigstens um eine stärkere Anfüllung derselben mit Gas, nachdem eine solche wegen der durch das Hinabtauchen des Thieres in grössere Tiefe bedingten Zunahme seines specifischen Gewichtes nöthig geworden. Das dritte Verfahren hingegen bezweckt durchaus nicht erst die Schaffung eines solchen Bedürfnisses, sondern es setzt offenbar direct den Mechanismus selber in Thätigkeit, durch dessen Wirkung dieses Bedürfniss befriedigt zu werden pflegt, sobald es vorhanden ist.

Auf diese Verhältnisse komme ich noch einmal weiter unten ausführlicher zurück.

Ich habe, um mich von der Richtigkeit der Moreau'schen Angaben zu überzeugen, einige der von ihm beschriebenen Versuche, und zwar solche nach dem ersten Verfahren, wiederholt, — freilich nur mit Cyprinoiden und Hechten, also Fischen mit offener Blase, da mir frischgefangene Fische anderer Art hier nur sehr selten zu Gebote stehen.

Die ersten Versuchsfische waren zwei grosse, etwas über 1 Kilo schwere Karpfen. Ich entleerte ihre Blase durch Punction mit einem feinen Troikart, den ich durch die muskulöse Körperwand stiess, unter

[1] *Mémoires de Physiologie.* Paris 1877. S. 69—86.

Digitized by Google

Wasser und fing ihre Gase in Hahnröhren auf, aus denen sie mittels bekannter Handgriffe sogleich weiter in mit Quecksilber gefüllte Absorptionsröhren übergeführt wurden. Die Thiere schwammen nach der Punction ganz munter in einer grossen Wanne umher, deren Wasser durch eine Wasserstrahlpumpe fortwährend zugleich erneuert und möglichst mit frischer Luft gesättigt erhalten ward. Damit die Fische nicht Luft aus der freien Atmosphäre und auch nicht solche Blasen schnappen könnten, die durch die Strahlpumpe mit unter die Oberfläche gerissen wurden, waren Drahtnetze angebracht, welche jede solche Möglichkeit ausschlossen.[1]

Nach Verlauf von etwa 6 Tagen wurden die Thiere durch einen Stich in den Nacken unter Wasser getödtet und nach Eröffnung der Leibeshöhle und Entfernung der übrigen Eingeweide die blossliegende Blase abermals punctirt. Beide Blasen zeigten sich vor der zweiten Punction noch immer beträchtlich zusammengefallen und sehr wenig gefüllt; aber die früheren Stichwunden waren verklebt, und der gasige Inhalt war schon vollkommen genügend für je eine hinreichend genaue Analyse.

Die vergleichende Analyse der Gase der ersten und zweiten Punction ergab folgende, in Tabelle IV zusammengestellte Resultate.

Tabelle IV.

Nummer des Thieres	Sauerstoff		Stickstoff		Kohlensäure	
	1. Punction	2. Punction	1. Punction	2. Punction	1. Punction	2. Punction
1	2·42	2·87	93·50	93·51	4·08	3·62
2	4·62	5·36	94·13	89·34	1·25	5·30

Nach diesen Resultaten konnte es in der That scheinen, als habe die erste Anzapfung der Blase einen geringen fördernden Einfluss auf den Sauerstoffgehalt des nachmaligen Blaseninhaltes ausgeübt; indessen war das Ergebniss durchaus noch nicht hinlänglich entscheidend. Vielleicht lag der Fehler an der Wahl der Versuchsthiere. Auch Moreau[2] hatte die Blase der Karpfen — freilich bei Versuchen, die das Umgekehrte, eine Absorption von Sauerstoff, bezweckten — im Gegensatze zur Blase anderer, namentlich einen Luftgang entbehrender, dafür aber mit den sogenannten „rothen Körpern" ausgerüsteter Fische (Barsche), nur träge reagirend gefunden.

Ich wandte mich nunmehr, um auch alle Verletzungen der Blase zu vermeiden, zu dem Verfahren des langsamen Evacuirens derselben im luftverdünnten Raume.

---

[1] Vergl. indessen die Bemerkung auf S. 75.

[2] A. a. O. S. 70.

Digitized by Google

Als Behälter, in welchem dies geschah, diente ein sogenannter Vacuumapparat, wie deren jetzt allenthalben in den Laboratorien zum Zwecke raschen Eindampfens von Lösungen bei niedriger Temperatur benutzt werden. Die Wassermenge, welche mein Apparat fassen kann, beträgt nahezu 8 Liter und ist gross genug, um Fische von 800—900 grm Gewicht und 40—45 cm Länge bequem aufzunehmen, beziehungsweise so zu umhüllen, dass er mit keinem Theile seines Körpers über die Oberfläche emporzuragen braucht.

Als Versuchsobject wählte ich Anfangs den gewöhnlichen Weissfisch (Leuciscus rutilus), hernach aber, als sich zeigte, dass dieser die Operation weniger gut überstand, einen sehr kräftigen und zähen Verwandten desselben, den Döbel oder Schuppfisch (Leuciscus Dobula), den Räuber unter den Cyprinoiden.

Die Erscheinungen, die ich während des langsamen Auspumpens am Fische beobachten konnte, waren ganz die gleichen, welche Moreau[1] beschreibt. In dem Maasse, wie die Luft über dem Wasser dünner und dünner wird, entweicht Blase um Blase aus dem Luftgange des Organs und steigt entweder unter den Kiemendeckeln hervor oder aus dem Munde an die Oberfläche des Wassers. Häufig geschieht dies unter so starken ructusartigen Bewegungen, dass der ganze Fisch dadurch heftig erschüttert wird. Wenn man endlich annehmen darf, dass die Luft bis auf einen geringen Rest aus der Blase entwichen ist, und das Manometer nur noch etwa den 8. oder 9. Theil des ursprünglichen Druckes zeigt, unterbricht man die Operation und lässt nunmehr atmosphärische Luft unter die Glocke treten. Sofort sinkt der Fisch, der bisher an der Oberfläche schwamm, weil plötzlich vom normalen Drucke zusammengepresst und spezifisch schwerer geworden, unter die Oberfläche und auf den Grund des Gefässes. Rasch entfernt man die Glocke, schöpft den Fisch so, dass Mund und Kiemen nicht mit der Atmosphäre in Berührung kommen können, in einen blechernen Behälter und verbringt ihn in die oben beschriebene Wanne, deren Wasser durch frischen Zufluss stetig erneuert wird. Hier sinkt er zunächst gleichfalls auf den Boden hinab, erweist sich aber, wenn aufgescheucht, noch wohl im Stande, gewandt zu schwimmen.

Nach verschieden langer Zeit, meist nach 4—10 Tagen, in einem Falle aber auch erst nach 4 Wochen, wurden die Fische unter Wasser getödtet. Die Blasen waren dann erst schwach wieder gefüllt, lieferten mir indessen in allen Fällen hinlänglich viel Luft für die Analyse.

Die Gase von 9 so behandelten Schuppfischen besassen folgende procentische Zusammensetzung:

---

[1] A. a. O. S. 71.

Digitized by Google

Tabelle V.

Nummer des Fisches	Gesammtgasmenge in Ccm. (0° u. 760 mm)	Sauerstoff	Stickstoff	Kohlensäure	Zeitintervall zwischen Auspumpung und Punction
1	9·46	18·72	78·87	2·41	4 Tage
2	16·84	20·60	76·51	2·89	6 „
3	10·93	23·29	73·53	3·18	8 „
4	7·58	23·67	76·33	0·00	10 „
5	10·56	25·13	69·14	5·73	7 „
6	8·60	20·61	74·12	5·62	7 „
7	10·14	30·26	63·47	6·27	7 „
8	17·0	30·88	67·22	1·90	27 „
9	—	22·69	77·31	0·00	5 „

Sie enthielten daher im Mittel 23.98% Sauerstoff, also mehr als unsere Atmosphäre.

Dagegen fanden sich in den Blasen von 4 frisch eingefangenen und sofort getödteten kräftigen Schuppfischen folgende Gasgemenge:

Tabelle VI.

Nummer des Fisches	Sauerstoff	Stickstoff	Kohlensäure
1	11·77%	84·41%	3·82%
2	9·39 „	88·07 „	2·54 „
3	16·65 „	81·21 „	2·14 „
4	11·21 „	86·78 „	2·01 „

woraus sich als Mittel für den Procentgehalt an Sauerstoff die Zahl 12·26 ergiebt.

Das Ergebniss der mitgetheilten Versuche ist demnach zweifellos und stimmt allerdings überein mit den von Moreau gemachten Erfahrungen; denn in der That wird auch durch meine Versuche bewiesen: 1) dass der durchschnittliche procentische Sauerstoffgehalt der vorher evacuirten Schwimmblasen hinterdrein höher als derjenige der nicht evacuirten wird; 2) dass er selbst denjenigen der Atmosphäre zu übersteigen pflegt, und endlich 3) dass es nur die Schwimmblase selber sein kann, von welcher diese vorzugsweise Ausscheidung von Sauerstoffgas in ihr eigenes Innere besorgt wird.

Zwar eine so grosse Sauerstoffproduction wie Moreau beobachtete ich bei meinen Cyprinoiden nicht. Bei einem Exemplare von Cyprinus

Digitized by Google

Tinca stieg nach Moreau[1] der Sauerstoffgehalt nach dem Auspumpen bis zu 60%, und bei einem Meeraale (Muraena Conger), den er 2 Mal nach einander auspumpte, zuletzt sogar auf 87%. In meinen eigenen bisherigen Versuchen betrug der maximale Sauerstoffgehalt (Vers. 7 u. 8) nur zwischen 30 u. 31 Procent; war aber doch wenigstens um die Hälfte grösser als derjenige der Atmosphäre.

Als für alle solche Versuche weit geeigneter, denn die Cyprinoiden, erwies sich der Hecht, dessen einfache Schwimmblase in ähnlicher Weise wie bei Perca und Lota in der Bauchhöhle befestigt, aber mit einem kurzen und weiten Luftgange versehen ist.

Ueber den Sauerstoffgehalt der Hechtschwimmblase besitzen wir bereits eine Angabe von Vauquelin[2], zahlreichere und ziemlich eingehende Untersuchungen aber von Erman.[3] Nach Vauquelin beträgt ihr Sauerstoffgehalt nur etwa 5%; nach Erman dagegen, der nach einander die Luft von 27 verschiedenen Hechten analysirte, schwankt derselbe zwischen 0·3% und 24·4%; doch so, dass ein Procentgehalt von mehr als 19% in der langen Reihe nur 3 Mal vorkommt.

Ich unterwarf im Herbste dieses Jahres 3 Hechte von je etwa 40 ^{cm} Länge und 800—900 ^{grm} Gewicht, die kurz vorher mit der Angel in einem Teiche gefangen waren, nach einander der Auspumpung im gleichen Apparate, wie die Schuppfische, und brachte sie darauf in einen hölzernen Wasserständer von mehr als 1 Meter Tiefe, in welchem das Wasser ebenso wie früher in der niedrigen Wanne erneuert wurde. Der erse war abermals durch ein Drahtnetz sowohl von der Atmosphäre wie von den Luftblasen der Strahlpumpe abgesperrt, war Anfangs sehr lebendig und suchte sich durch eine kräftige Bewegung seiner Flossen öfter senkrecht emporzuschnellen, fiel aber jedesmal, ehe er das absperrende Netz erreicht hatte, wieder schwerfällig zu Boden. Nach 7 Tagen, als er sich sehr matt und die Haut mannigfach zerschunden zeigte, — offenbar hatte er sich an dem oberen Drahtnetze abgemüht, um ins Freie zu gelangen — wurde er getödtet und sein Gas aufgesammelt.

Die 2 folgenden, etwas kräftigeren Thiere wurden schon nach 5 Tagen getödtet. Um zu verhüten, dass sie sich gleichfalls an dem oberen Drahtnetze abarbeiteten und verletzten, war dieses entfernt und ihnen gestattet worden, — wenn es ihnen überhaupt gelänge — an die freie Oberfläche des Wassers und an die Luft zu kommen. Es sollte so gleichzeitig entschieden werden, ob sie etwa Luft von aussen aufnehmen und

---

[1] A. a. O. S. 72.

[2] Citirt von Erman, Gilbert's *Annalen*. Bd. XXX. S. 132.

[3] Gilbert's *Annalen*. 1808. Bd. XXX. S. 131—135.

Digitized by Google

vom Oesophagus aus in die Blase pressen würden. Zwei etwa 5—6 cm oberhalb des Wasserspiegels quer über den Wasserständer gelegte schwere Bretter hatten dafür gesorgt, einen etwaigen Fluchtversuch, d. h. ihr gänzliches Herausspringen aus dem Behälter, zu verhindern. Die Thiere waren denn auch, als sie getödtet wurden, noch vollständig unverletzt und, wie es schien, bei normalem Kräftezustande.

Folgende kleine Tabelle enthält das bemerkenswerthe Ergebniss der Messungen und Analysen der am Ende aufgefangenen Gase.

Tabelle VII.

Nummer des Fisches	Gefundene Gesammtgasmenge in Ccm. (0° u. 760 mm)	Sauerstoff	Stickstoff	Kohlensäure
1	6·46	37·13%	60·57%	2·30%
2	10·40	49·80 „	45·10 „	5·10 „
3	19·50	42·30 „	48·40 „	9·30 „

Nach diesem entscheidenden Resultate schien es mir überflüssig, die Richtigkeit der oben gezogenen Schlüsse noch durch weitere Versuche zu erhärten. Der hohe Sauerstoffgehalt ihres Blaseninhaltes kann aber zugleich als Beweis dafür dienen, dass die Fische, auch wenn sie an die Oberfläche gekommen sind, entweder gar keine oder nur geringe Gasmengen aus der äusseren Luft geschluckt und in ihre Blase gepresst haben können.

Ueber die Unmöglichkeit, die mitgetheilten Befunde aus der blossen Diffusionshypothese zu erklären.

Es fragt sich nun: Lässt sich wohl eine solche „Secretion" von Sauerstoff, die zu einem höheren Procentgehalte führt, als demjenigen der Atmosphäre, einfach physikalisch-chemisch erklären?

Ich habe bereits bei einer früheren Gelegenheit, wo ich das Gesetz entwickelte, nach welchem die Dissociation des sauerstoffhaltigen Blutfarbstoffes vor sich geht[1], darauf hingedeutet, dass einem tief unter Wasser befindlichen Fische, der plötzlich in die Lage kommt, seine Schwimmblase in kürzester Zeit neu füllen zu müssen, kein anderer Gasvorrath so augenblicklich und so reichlich zur Verfügung steht, wie der Vorrath an Sauerstoff, den er im Oxyhämoglobin seines Blutes besitzt. Um diesen Vorrath zu gedachtem Zwecke nutzbar zu machen, wäre nur eine Dissociation der genannten Verbindung nöthig, und um diese herbeizuführen, bedürfte es vor Allem einer raschen Erniedrigung des Druckniveaus des vom Blut-

[1] *Dieses Archiv, Physiologische Abtheilung.* 1890. S. 18—20.

Digitized by Google

wasser gelösten Sauerstoffgases, also eines raschen Abflusses des letzteren durch die Wände der Capillaren. Diese Bedingung wäre aber erfüllt, wenn das Capillarnetz an ein Vacuum oder wenigstens an einen stark luftverdünnten Raum angrenzte. Dürfen wir wohl die evacuirte Schwimmblase als einen solchen Raum ansehen?

Schon bei jener früheren[1] Gelegenheit machte ich darauf aufmerksam, dass wir diess allerdings dürfen, „falls der Fisch, was Joh. Müller für einige Gattungen von Welsen und die Ophidien nachgewiesen, mechanische Vorrichtungen besitzt und in Thätigkeit setzt, welche ihm gestatten, die Blase plötzlich willkürlich auszuspannen und zu erweitern", und ich schrieb weiter: „freilich den absoluten Druck des Sauerstoffs, unter welchem das Blut in den Kiemen gesättigt ward — und dieser ist im besten Falle der Sauerstoffdruck der Atmosphäre, — kann der Sauerstoffdruck der Blase auch im angenommenen Falle nicht überschreiten; nur der Procentgehalt ihres gasigen Inhaltes an Sauerstoff kann ein höherer werden, und auch dieser nur in einem frühen Stadium ihrer allmäligen Neufüllung. Keines weges könnte die Blase dabei aber prall gefüllt sein." In den oben beschriebenen Versuchen mit Schuppfischen, in denen der Procentgehalt der Schwimmblasenluft an Sauerstoff denjenigen der Atmosphäre übertraf, fand ich die Blase zur Zeit, wo ich die Leibeshöhle öffnete, um sie anzustechen, allerdings immer zusammengefallen, weil wenig gefüllt. Könnte nun, kurz bevor ich diess that, nicht doch ein luftverdünnter Raum in ihr bestanden haben?

Da mechanische Vorrichtungen im Sinne Joh. Müller's, welche eine willkürliche Erweiterung derselben ermöglichen könnten, bei den Cyprinoiden nicht existiren, so durfte man fragen, ob nicht vielleicht nach dem Auspumpen der Blase die Wandungen der Leibeshöhle selbst dem äusseren Drucke bis zu einem gewissen Grade widerstanden und durch ihre Festigkeit eine dem herbeigeführten Druckunterschiede genau proportionale Verringerung des Blasenlumens verhindert haben. Freilich ist der Umstand, dass ein ausgepumpter Fisch sofort untersinkt, sobald die atmosphärische Luft wieder Zutritt unter die Glocke erhält, ein Beweis dafür, dass der Raum seines Leibes, den sonst die Luft der Blase einnahm, nunmehr durch feste Organe ausgefüllt ist; ob aber diese Ausfüllung eine vollständige ist, ob wirklich in gleichem Maasse, wie Luft aus der Blase entweicht, die Bauchwände unter dem Drucke der äusseren Atmosphäre zusammenrücken, und ob nicht doch vielleicht ein luftverdünnter Raum, welcher saugend wirken könnte, in der Blase zurückbleibt, — diese Frage war erst noch durch den Versuch zu entscheiden.

[1] A. a. O. S. 19.

Digitized by Google

Um aber zunächst einen Begriff von der mechanischen Aufgabe zu gewinnen, die der Fischleib im Falle der wirklichen Existenz eines luftverdünnten Raumes in der Blase zu erfüllen hätte, knüpfen wir ohne Weiteres an einige der in meinen Versuchen gefundenen Zahlen an.

Die grösste Höhe, bis zu welcher der Sauerstoffgehalt der Blasenluft bei einem der vorher ausgepumpten Schuppfische gewachsen war, betrug 30·88% und die Gesammtmenge des vorgefundenen Gases 17 ccm, gemessen bei 0° und 760 mm Quecksilberdruck.[1]

Wäre der Gesammtdruck dieser Gasmenge im Fischleibe selbst gleich 760 mm gewesen, so hätte der Partiardruck des Sauerstoffs allein die Höhe von 236 mm besessen. Wenn nun die Anfüllung der Blase mit Gas lediglich auf dem Wege einer einfachen Diffusion desselben aus dem Wasser des Blutes geschähe, so dürfte der absolute Partiardruck der einzelnen Gemengtheile in der Blase nicht höher steigen, als er in der Atmosphäre betrug, unter welcher das die Kiemen umspülende Wasser mit ihnen gesättigt ward; es dürfte also auch in unserem Falle, im Momente des Gleichgewichts, der in der Blase herrschende Gesammtdruck nicht 760, sondern nur $760\frac{159}{236}=512$[2] betragen, und umgekehrt die Gesammtmenge des in diesem Zeitpunkte in der Blase enthaltenen Gases nicht den Raum von nur 17 ccm, sondern sie müsste einen solchen von $17\frac{760}{512}=25\cdot2$ ccm (bei 0° gedacht) eingenommen haben. Es müsste folglich auch ein luftverdünnter Raum in der Blase bestanden haben.

Wie gross wäre nun aber der äussere Ueberdruck, welchem die Seitenwände des Fisches in einem solchen Falle allein hätten Widerstand leisten müssen?

Wir können nur den Ueberdruck genau angeben, der auf 1 Quadratcentimeter der Blasenoberfläche direct entfiele. Derselbe betrüge, wie leicht ersichtlich, rund 337 Gramm.[3]

Wäre daher die freie, dem wechselnden Aussendrucke allein ausgesetzte Oberfläche der Schwimmblase[4] etwa 20 Quadratcentimeter gross,

---

[1] Vergl. Tabelle V., Nr. 8.

[2] Ich nehme hier die abgerundete Zahl 159 statt 159·3 für den normalen Partiardruck des Sauerstoffs in unserer Atmosphäre an.

[3] Die Differenz 760—512, multiplicirt mit dem specifischen Gewichte des Quecksilbers, 13·596, ergiebt die Höhe der aequivalenten Wassersäule zu 337·18 cm.

[4] Die Schwimmblase ist, wie namentlich die Bilder der Durchschnitte lehren (Tafel II.), zu etwa 1/3 ihrer Oberfläche von oben her durch die Wirbelsäule mit den daran schliessenden, sehr starken Bauchwänden vor jeder directen Pressung unmittelbar geschützt. Der zusammenpressende Druck kann direct nur von unten, ausserdem aber schräg von unten auf jeder Seite kommen.

Digitized by Google

so hätte der darauf lastende Ueberdruck einen Gesammtwerth von 6·74 Kilo. Man sieht aber leicht, dass derjenige Ueberdruck, dem alsdann die äusseren Bauchwandungen zu widerstehen hätten, noch um sehr Vieles grösser ausfallen müsste.

Dass dies in Wirklichkeit der Fall sein könne, daran ist nun aber gar nicht zu denken. Im Gegentheile lassen sich die Bauchwände eines Schuppfisches von 800—900 grm Gewicht schon durch sehr mässigen Fingerdruck bis zum Verschwinden des Blasenlumens — ein bequemes Ausweichen der Luft aus diesem vorausgesetzt — zusammenpressen.

Um aber durch einen einfachen Versuch zu entscheiden, in welcher Weise und wie weit die anderen Bauchorgane des Fisches der während des Auspumpens allmälig erschlaffenden Blase nachrücken und wie sich dabei die muskulösen Seitenwände der grossen Leibeshöhle verhalten, die ja ihrerseits durch knöcherne und unbeweglich mit dem Rückgrate verbundene Rippen gestützt sind, fertigte ich mir Querschnitte von zwei gefrorenen, möglichst gleich grossen, Exemplaren von Leuciscus Dobula an. Das eine war ohne Weiteres durch den Nackenstich getödtet, das andere erst langsam ausgepumpt, dann durch längeres Verweilenlassen unter einem Drucke, der etwa $^1/_{11}$ des atmosphärischen betrug, erstickt und zuletzt, wie das erste, in eine Kältemischung gebracht worden. Jeder der Fische wurde zweimal durchsägt und zwar so, dass einmal der vordere, das zweite Mal der hintere Abschnitt der zweitheiligen Blase quer durchschnitten ward.

Die beigefügte Taf. II giebt ein Bild von den so erhaltenen vier Querschnitten. Ein Vergleich von 1*a* mit 2*a* und von 1*b* mit 2*b* lehrt nun sofort, dass der ventrale Theil des Fischleibes infolge des Auspumpens trotz der unbeweglich mit dem Rückgrate verbundenen Rippen seitlich zusammengedrückt und dadurch nach unten deutlich verlängert worden ist. Die beiden Blasendurchschnitte, die in 1*a* und 1*b* sogleich als gleichmässig ausgedehnte Hohlräume in die Augen fallen, sind in 2*a* und 2*b* zu schmalen und, wie besonders aus 2*b* ersichtlich, von einer schlaffen und gefalteten Membran umschlossenen Höhlungen zusammengeschrumpft, in welche sich die Eierstöcke ungleichmässig hineinwölben.

So lange die einzelnen Stücke noch fest gefroren waren, goss ich die Blasenhöhlungen mit Quecksilber aus und fand so, dass das Gesammtblasenlumen des unausgepumpten Fisches 54 ccm, das des ausgepumpten dagegen nur 4·8 ccm betrug. Beide Fische waren, wie bereits bemerkt, ungefähr gleich gross; das Gewicht des einen, des nicht ausgepumpten, hatte 890, dass des anderen 900 grm betragen. Man durfte es desshalb nicht für unwahrscheinlich halten, dass auch der Blaseninhalt bei beiden Anfangs ungefähr gleich gross gewesen, und so stimmt denn der Quotient

Digitized by Google

$\frac{4 \cdot 8}{54}$ auffallend genau mit dem Verhältnisse überein, in welchem der Luftdruck, unter dem der normale Fisch getödtet wurde, zu demjenigen stand, unter dem der ausgepumpte Fisch allmälig zu Grunde ging: denn dieses Verhältniss war, wie oben bemerkt, etwa wie 1 : 11.

Dasselbe Resultat hatte ein zweiter Versuch, der ebenfalls mit einem Paare ungefähr gleich grosser Exemplare derselben Fischart ausgeführt wurde. Hier war das Verhältniss der bezüglichen Drücke wie 1 : 9·4 und dasjenige der bezüglichen Blasenräume wie 1 : 9·7.

Durch dieses Ergebniss ist die Annahme eines luftverdünnten Raumes in der Blase des ausgepumpten Fisches ein für alle Male widerlegt.

Alle derartigen Versuche, die Füllung der Schwimmblase mit Luft zu erklären, werden aber vollends bedeutungslos gegenüber der von Biot, Configliachi, Moreau und nunmehr auch von mir constatirten Thatsache, dass in der Schwimmblase eines Fisches nicht bloss ein höherer Procentgehalt an Sauerstoff, sondern auch ein absolut höherer Partiardruck desselben als in der Atmosphäre herrschen kann. Angesichts dieser Thatsache reicht die Hypothese eines blossen Diffusionsvorganges überhaupt nicht mehr aus, und es entsteht die Frage nach den etwaigen besonderen Veranstaltungen, die den Zweck und den Erfolg haben können, Sauerstoff auszuscheiden in einen Raum, in welchem der Partiardruck dieses Gases denjenigen, welcher im Blutwasser und in der Atmosphäre herrscht, bereits bedeutend übersteigt.

Einiges über gewisse in der Wand der Schwimmblase vorhandene Einrichtungen, die zur Ausscheidung von Gasen in deren Hohlraum höchst wahrscheinlich in Beziehung stehen.

Bekanntlich kommen in der Schwimmblase vieler Fische (z. B. bei Esox, Perca, Lota, Acerina, Anguilla) sehr eigenthümliche, besonders dem arteriellen Gefässsysteme eingeschaltete, Gebilde vor, auf die zuerst Delaroche[1] aufmerksam gemacht hat. Später haben Rathke,[2] Cuvier,[3]

---

[1] Delaroche, Observations sur la vessie aérienne des Poissons (*Ann. d. Mus. d'hist. nat.* 1809. t. XIV. p. 184).

[2] Rathke, Bemerkung über die Schwimmblase einiger Fische (*Beiträge zur Geschichte der Thierwelt.* 1827. Bd. III. S. 102) und: Zur Anatomie der Fische (Müller's *Archiv.* 1838. S. 412. Tafel 12).

[3] Cuvier, Sur un Poisson célèbre, et cependant presque inconnu des auteurs systématiques, appelé sur nos côtes de l'Océan, Aigle ou Maigre (*Mémoires d. Mus. d'hist. nat.* 1815. t. I. p. 1. avec 3 pl.)

Digitized by Google

hauptsächlich aber Joh. Müller[1], diese Gebilde genauer untersucht und der Letztere hat namentlich festgestellt, dass sie zu den sogenannten Wundernetzen gehören. Auch die einzelnen Formen derselben hat J. Müller sogleich wohl unterschieden, und seinem Scharfsinne ist endlich die Beziehung nicht entgangen, in welcher diese Körper zur Gasausscheidung in den Hohlraum der Blase stehen: denn dass eine solche auf der Innenfläche der Schwimmblase vor sich gehe und zwar auch bei Fischen, deren Blase einen Luftgang besitzt, darüber bestand, wie man aus allen seinen Darlegungen ersieht, für Müller überhaupt kein Zweifel.[2] Nach ihm haben die Wundernetze, wie überall, so auch in der Schwimmblase, vornehmlich den Zweck, eine locale Verlangsamung des Blutstromes zu bewirken, „wobei es gleichgültig, ob das Hinderniss in der Blutbahn des Organes vor oder hinter demselben angebracht ist. Diese Wirkung lässt sich keinesfalls bezweifeln; denn sie hängt von nothwendigen Bedingungen, der Vermehrung des Widerstandes durch eine ungeheuere Vermehrung der Oberflächen in sehr engen Röhren, ab". Dagegen sind sie, „welche Form sie haben mögen, der Luftausscheidung selbst fremd". Diese wird vielmehr von den „drüsigen Säumen" der rothen Körper, oder, wo solche fehlen, von der inneren Haut der Schwimmblase selbst besorgt. Bei den Muränen, wie bei den Cyprinen (beider Blasen besitzen einen Luftgang), „ist die ganze innere Haut der Schwimmblase als Aequivalent der Luftdrüse oder der drüsigen Säume zu betrachten".

Wie man sieht, soll also nach Müller die Luft in besonderen Drüsen, in den von ihm so genannten „Luftdrüsen" („drüsigen Säumen"), wie ein anderes Secret abgesondert werden.

Erst in den allerletzten Jahren haben ziemlich gleichzeitig, aber unabhängig von einander, zwei junge Anatomen, Hr. Dr. Alessandro Coggi[3]

[1] Müller, Ueber Nebennieren und Wundernetze (Müller's *Archiv.* 1840 S. 126 ff.)

[2] Müller's *Archiv.* 1840. S. 133 ff. — In seinem *Handbuche der Physiologie*, Coblenz 1844. 4. Aufl. Bd. I. S. 243, heisst es in einer Anmerkung: „Die Schwimmblase der Fische enthält zwar auch sauerstoffhaltige Luft; allein diese Luft dringt nicht von aussen herein, sondern wird von der inneren Oberfläche des Organes selbst abgesondert." — Auch schon die früheren Beobachter: Biot (Gilbert's *Annalen.* 1807. Bd. XXVI. S. 477), Configliachi (Schweigger's *Journal.* 1811. Bd. I. S. 153 ff.), Delaroche (Ebenda. S. 165), Cuvier (a. a. O. p. 19—20, ferner *Leçons d'Anat. comp.* 1846, 2. édit. t. VIII. p. 699 et suiv.), sprechen von einer Secretion der Luft durch die Schwimmblase selbst als von etwas Unabweislichem.

[3] Coggi, Intorno ai corpi rossi della vescica natatoria di alcuni Teleostei (*Mittheilungen aus der zoolog. Station zu Neapel.* 1886—1887. Bd. VII. S. 381—400. Tafel XIV.) — Derselbe, Ueber den epithelialen Theil der sogenannten Blutdrüsen in der Schwimmblase des Hechtes (*Morpholog. Jahrbuch.* 1889. Bd. XV. S. 555—559, mit Tafel XXII.).

Digitized by Google

in Bologna und Hr. H. K. Corning[1] in Heidelberg, die mikroskopische Untersuchung dieser Verhältnisse von Neuem aufgenommen; beide zwar nach verschiedenen Richtungen, aber doch so, dass ihre Arbeiten einander sehr zweckmässig ergänzen. Denn während Corning hauptsächlich mit der Vascularisation, beschäftigt Coggi sich vorzugsweise mit den Zellen der Blutdrüsen, dem „Epithelkörper", wie er ihn nennt, oder J. Müller's „drüsigen Säumen".

Dass gerade Zellen zur Gasausscheidung in unmittelbarer Beziehung stehen, halten Beide für ausgemacht. Nach Corning existiren zunächst Beziehungen zwischen dem Epithel der Schwimmblase und deren Gefässen, „welche gewiss für die Function der Schwimmblase eine höhere Bedeutung gewinnen", und Coggi will zwischen den Zellen der Blutdrüsen sogar Drüsenlumina finden, wahrscheinlich die Durchschnitte von Canälen, an deren Existenz als luftabführender Wege schon Müller[2] gedacht, die Corning dagegen vergeblich gesucht hat.

Ueber den eigentlichen Mechanismus der Gasausscheidung, und welche Rolle gerade die Zellen dabei spielen mögen, darüber bieten die genannten Untersuchungen allerdings noch keinerlei Aufschluss; immerhin regen sie an zu allerlei darauf bezüglichen Vermuthungen. So finden sich z. B. auf Taf. XIV, welche der Abhandlung von Coggi beigegeben ist, die Abbildungen mehrerer Durchschnitte (Figg. 10, 11 u. 14) durch den „Epithelkörper" verschiedener Fische (Motella mediterranea, Gasterosteus aculeatus, Gonostoma denudatum), in welchen deutlich geschlossene Höhlungen, von Zellen umgeben, zu erkennen sind, und in einem Falle (Fig. 11) sieht man sogar eine sehr regelmässige Anordnung von Capillaren, Cylinderzellen und solchen Höhlen, derart, dass offenbar mehrere Röhren, jede wie ein runder Canal aus wohlgefügten Steinen, so aus eigenen Epithelialzellen gebildet, neben einander liegen und in den Zwischenräumen die Capillargefässe verlaufen. In keinem Falle — das ergiebt der Anblick ohne Weiteres — könnten etwa aus den Capillaren austretende Gase in jene Höhlungen, bez. Röhren, gelangen, ohne vorher die Epithelzellen zu durchdringen. Auch auf einigen der von Corning gegebenen Zeichnungen (Taf. I, Fig. 1 und Taf. II, Figg. 14, 18 u. 19) sieht man die Capillaren der Blutdrüsen eng von Zellen umschlossen; auf Taf. II, Figg. 18—19, sind diese Zellen hohes Cylinderepithel.

---

[1] Corning, Beiträge zur Kenntniss der Wundernetzbildungen in den Schwimmblasen der Teleostier (*Morphologisches Jahrbuch.* 1888. Band XIV. Seite 1—53. Tafel I—II.)

[2] Müller's *Archiv.* 1840. S. 133.

Digitized by Google

Näheres über die muthmassliche Aufgabe dieser anatomischen Vorrichtungen.

Fasst man schliesslich alles dasjenige, was sich bis jetzt über die etwaige Beziehung zwischen dem feineren Baue unseres Organs und seiner physikalisch-chemischen Leistung vorbringen lässt, noch einmal zusammen, so lassen sich darüber folgende drei Sätze mit ziemlicher Sicherheit aufstellen:

1. Die Wundernetze der Schwimmblase stehen, mögen sie eine Form besitzen, welche sie wollen, und mögen sie der Innenfläche der Schleimhaut näher, d. h. unmittelbar unter der innersten Epithelauskleidung der Blasenhöhle, oder entfernter von ihr liegen, durchaus in keiner directen Beziehung zur Ausscheidung der Gase. Ihr Zweck ist, wie Joh. Müller klar erkannte, lediglich die Schaffung von Widerständen, um den Blutstrom zu verlangsamen.

2. Erst das langsam fliessende Blut der aus den Wundernetzen austretenden und entweder zwischen Zellenanhäufungen (in den „drüsigen Säumen" der Blutdrüsen) oder direct unter der Cylinderepithelschicht der Schleimhaut verlaufenden Capillaren ist die Quelle für die austretenden Gase.

3. Die Beförderung der durch die Capillarwand aus dem Blute austretenden Gastheilchen in den Hohlraum der Blase geschieht durch die Zellen des „Epithelkörpers" oder durch die Epithelzellen überhaupt; und zwar findet diese Beförderung selbst dann statt, wenn der absolute Partiardruck eines Gases, wie des Sauerstoffs, im Binnenraume der Blase bereits höher ist, als die Spannung desselben Gases im Wasser des Blutes. Ob nun Hohlräume zwischen den Zellenmassen vorhanden sind, welche nach Bedürfniss sich öffnen und schliessen, sich erweitern und verengern, bald als saugende Vacua und bald als Druckpumpen wirken können, oder oder ob sogleich die einzelnen Zellen selber das Nämliche leisten, — uns darüber Aufschluss zu bringen, muss weiterer Forschung vorbehalten bleiben.

Wenn wir trotz der Schwierigkeiten einer solchen Aufgabe nicht verzagen und die nächsten und wichtigsten Aufschlüsse über derartige Fragen gerade von der mikroskopisch-physiologischen Forschung erwarten, so gründet sich diese Hoffnung auf die bedeutsamen Fortschritte, welche die mikroskopische Beobachtung lebender Drüsen bereits in den letzten Decennien gemacht hat. Ich meine namentlich die Entdeckung contractiler Drüsenzellen und des Einflusses der Nerven auf dieselben, ganz besonders aber die betreffenden Beobachtungen von Ascherson, Engelmann und Drasch,[1] welch' letztere vor nicht langer Zeit in diesem Archive veröffentlicht wurden.

---

[1] Drasch, Beobachtungen an lebenden Drüsen mit und ohne Reizung der Nerven derselben. (*Dieses Archiv, Physiolog. Abth.* Jahrg. 1889. S. 96—136, mit Taf. II—VI.) Man findet in dieser Arbeit auch die bisherige Litteratur über den Gegenstand zusammengestellt.

Digitized by Google

Bei der besonderen Aufgabe, welche die Epithelzellen in unserem Falle zu haben scheinen, verlohnt es sich wohl etwas länger zu verweilen.

Nach wie vor wird man, um sich die Füllung der Schwimmblase zu erklären, an der Vorstellung festhalten müssen, dass der Austritt von Gasen aus dem Blute in erster Linie auf einer Diffusion derselben durch die Wände der Capillaren, und dass im Besonderen die Steigerung des Sauerstoffgehaltes der Blasenluft auf einer reichlichen Dissociation des Oxyhämoglobins beruht, welche selbst wieder durch eine rasche Fortführung des Sauerstoffs aus dem Blutwasser bedingt ist.

Auf die Vorstellung einer blossen Diffusion ist offenbar auch Frau Dr. Traube-Mengarini[1] geführt worden, als sie sah, dass die Schwimmblase von Fischen, welche Tage oder auch nur Stunden lang in Wasser, das mit Wasserstoff gesättigt war, geathmet hatten, am Ende sehr merkliche Mengen dieses Gases enthielt, — mochten die Fische nun offene d. h. mit Luftgang versehene, oder geschlossene Blasen besitzen. „Es existirt demnach", so schliesst sie,[2] „ein Austausch zwischen Gasen in der Schwimmblase und denen im Wasser, der sich unabhängig von den Bedürfnissen des Fisches vollzieht". Auf den Wasserstoff, der in's Blut eingedrungen, muss natürlich der Hohlraum der Schwimmblase, auch wenn diese mit Stickstoff und Sauerstoff bereits noch so prall gefüllt ist, doch vollkommen wie ein saugendes Vacuum wirken.

In jener früheren Abhandlung,[3] wo ich die Frage nach der wahren Erstickungsursache beim Athmen in grossen Höhen zu behandeln hatte, habe ich auch eine Betrachtung über den Diffusionsvorgang angestellt, der zwischen Lungenluft und Blut stattfindet. Ich zeigte, dass der Sauerstoff dieser Luft um so rascher durch die dünne Capillarwand (nebst äusserem Plattenepithelbelag) hindurch diffundiren müsse, je grösser 1. sein Partiardruck und 2. der Werth eines gewissen Factors sei, den man in der Physik „Verbreitungsconstante" genannt und mit dem Ausdrucke D bezeichnet hat. Ich habe damals den Einfluss dieser sogenannten „Verbreitungsconstante" mit der Wirkung einer Vorrichtung verglichen, welche unaufhörlich Raum zu schaffen habe für die durch die Oberfläche der Flüssigkeit neu eindringen wollenden Gastheilchen, oder, wie man auch sagen könnte, die immer ein gewisses Druckgefälle aufrecht zu erhalten habe. Nun ist aber dieser Factor D, wie sich zeigen liess, im besprochenen Falle selber keine einfache Grösse, sondern aus einzelnen Summanden

---

[1] Dr. Margherita Traube-Mengarini, Ueber die Gase in der Schwimmblase der Fische (*Dieses Archiv.* Jahrg. 1889. S. 54—63).

[2] A. a. O. S. 60.

[3] *Dieses Archiv, Physiolog. Abth.* Jahrg. 1890. S. 21 ff.

Digitized by Google

zusammengesetzt, von denen einer, von mir *c* genannt, bloss von der Qualität des Gases und der Flüssigkeit, der zweite, *g*, von der Geschwindigkeit des Blutstromes, und endlich der dritte, *h*, direct von der Zahl und dem Hämoglobinreichthume der in der Blutflüssigkeit schwimmenden venösen Körperchen abhängt. Die letzteren, betonte ich, seien es namentlich, die dadurch, dass sie die durch die Flüssigkeitsoberfläche eindringenden Gastheilchen immer sogleich an sich reissen, für immer neue Gastheilchen, welche nachfolgen, ununterbrochen Platz schaffen.

Eine in gewissem Sinne ähnliche Aufgabe ist den Epithelzellen auf der Innenwand der Schwimmblase übertragen. Dadurch, dass sie die aus der Wand der Capillare austretenden Gastheilchen, wie es scheint, ergreifen und immer sogleich in derselben Richtung weiter befördern, unterhalten sie das Druckgefälle, welches die erste Ursache der Diffusion des Gases überhaupt ist. Der erste Erfolg ihrer Thätigkeit ist damit allerdings der nämliche, wie der vom Zusammenwirken jener 3 Summanden: aber ihre Thätigkeit selbst ist eine andere: die Zellen verhalten sich offenbar dabei „activ", das heisst: sie befördern die Gastheilchen vorwärts trotz einem entgegenstehenden höheren Partiardrucke.

Unter den Mitteln, durch welche es Moreau gelungen war, künstlich den Sauerstoffgehalt der Schwimmblase zu steigern, war auch die Durchschneidung der sympathischen Fasern, die mit den Gefässen zur Schwimmblase ziehen.[1] Ich bezeichnete oben[2] dieses Mittel als ein derartiges, welches offenbar direct den Mechanismus selber in Thätigkeit setze, der eine vermehrte Gasausscheidung in die Blase zu bewirken pflege, sobald das Bedürfniss nach einer solchen vorhanden sei.

Allerdings liegt die Vermuthung ziemlich nahe, dass die Durchschneidung des genannten Nerven, wie in anderen Fällen, so auch hier, zunächst nur eine Lähmung der Gefässmusculatur herbeiführen werde; indessen müsste diese Lähmung doch ihrerseits eine Anhäufung von Blut in den erweiterten Capillaren des Organs und damit eine Ansammlung eines reicheren Vorrathes an dissociabler, freien Sauerstoff liefernder, Substanz darin zur Folge haben. Ob nun der durch eine solche Hyperämie erzeugte Druck es ist, was die Gas befördernden Zellen zur Arbeit reizt?

Es sei übrigens hier bemerkt, dass unter Moreau's zahlreichen Versuchen die eben erwähnten gerade diejenigen sind, deren Resultate mir als am wenigsten schlagende und beweisende erscheinen.

Allein noch eine ganz andere, — eine unmittelbare Art des Nerveneinflusses auf den in Rede stehenden Process ist hier sehr wohl denkbar.

---

[1] Moreau, *Mémoires de Physiologie.* Paris 1877. p. 79 et suiv.

[2] Vergl. S. 58.

Digitized by Google

Sollten nämlich die Zellen des „Epithelkörpers" nicht selbst einen directen Einfluss von Seiten gewisser Nervenfasern erfahren, sollten sie nicht durch einen solchen zu Bewegungen gereizt und vielleicht zu einer activen Weiterbeförderung der sie passirenden Gastheilchen — und zwar nach ganz bestimmter Richtung hin — angeregt werden können?

In der That nach den oben angeführten Beobachtungen des Hrn. Drasch an den in der Nickhaut des Frosches gelegenen Drüsenzellen erscheint die Möglichkeit eines solchen Vorganges als sehr naheliegend.

Zur allgemeinen Biologie der Fische.

Ich komme noch einmal zurück zu den Kilchen des Bodensees.

Die oben mitgetheilte Thatsache, dass der gasige Inhalt von deren Schwimmblase in einigen der von mir untersuchten Fälle ganz, in anderen wenigstens beinahe ganz (94·57—99·38 Vol.%) aus Stickstoff bestand, und zwar dies bei einem Drucke, der gewiss nicht unter 6—7 Atmosphären betrug, diese Thatsache lässt natürlich den hohen Stickgasgehalt der Schwimmblasenluft nicht minder merkwürdig erscheinen, als ihren bisher zu ausschliesslich berücksichtigten Procentgehalt an Sauerstoff: denn auch der absolute Partiardruck des Stickstoffs ist in der Blase viel höher als in der Atmosphäre, unter deren Drucke das den Fisch umgebende Wasser mit Luft gesättigt ward. Ja er ist diess nicht allein bei Tiefseefischen, wie bei den Kilchen, er ist es sogar, und zwar wohl immer, bei unseren Flussfischen, die nur seichte Gewässer bewohnen.[1] Hier wie dort sind wir zu der Annahme gezwungen, dass, da eine blosse Diffusion, also eine unter dem Drucke eines gewissen Gefälles erfolgende Bewegung des Gases aus den Blutgefässen direct nach dem grossen Hohlraume der Blase, eben durch den hohen Partiardruck, der in der Blase bereits herrscht, ausgeschlossen ist, in der Blasenwand selbst besondere Vorrichtungen eingeschaltet sein müssen, welche abwechselnd saugen und pressen und so gewissermaassen den gleichen Dienst verrichten, wie der Kolben einer Luftpumpe, der mit einem Ventile versehen ist.

Aber warum enthält denn die Schwimmblase des Kilches, trotzdem er ein Tiefseefisch ist, keinen oder nur sehr wenig Sauerstoff?

---

[1] Man vergleiche nur die Resultate der zahlreichen von Erman ausgeführten Analysen (Gilbert's *Annalen*. 1808. Bd. XXX. S. 180—181); ferner diejenigen von Humboldt und Provençal (Schweigger's *Journal*. 1809. Bd. I. S. 119—120) und endlich die von Friedr. Schultze (Pflüger's *Archiv*. 1872. Bd. V. S. 45 u. 51).

Digitized by Google

Schon Configliachi, der Schüler Volta's, giebt an[1], dass allerdings der Regel nach „in der Schwimmblase derjenigen Fische, die in grossen Tiefen leben, sich eine Verhältnissmenge von Sauerstoff findet, die selbst die des Stickstoffs in der atmosphärischen Luft und folglich auch die Sauerstoffmenge der im Wasser enthaltenen Luft übertrifft: auszunehmen sind hier diejenigen Fische, die zwar in grosser Tiefe leben, aber sich im Schlamm vergraben; denn diese haben viel weniger Sauerstoff in ihrer Schwimmblase, dahin gehören die Aale, die Schleihen, Karpfen, Barben, und andere".

In der That trifft diese Bemerkung auch für den Kilch zu; denn nach Weissmann[2] „sucht er sich im Schlamm kleine Muscheln, Schnecken und Würmer heraus und verschluckt damit auch noch eine gute Portion Schlamm selbst, wie der Inhalt seines Magens beweist."

Dass ein Fisch, wie unser Kilch, der Jahr aus Jahr ein auf dem Grunde der Gewässer und im Schlamme lebt, schliesslich nur Stickstoff in seiner Blase behält, ist unschwer begreiflich. Die Ausscheidung von Stickstoff aus dem Blute mag freilich nur äusserst langsam von Statten gehen, langsamer jedenfalls als diejenige des Sauerstoffs, da der Absorptionscoefficient des Stickstoffs für Wasser bei gleicher Temperatur kaum halb so gross ist, wie derjenige des letzteren und daneben eine der Sauerstoffverbindung des Blutfarbstoffs analoge Verbindung des Stickstoffs, also ein jenem Sauerstoffsammler analoger Stickstoffsammler, im kreisenden Blute fehlt; allein trotzdem ist es ja möglich, dass diese langsame Ausscheidung der langsamen Entwickelung des Thieres vollkommen Schritt hält, und dass weiter bei dem seltenen Orts- bez. Tiefenwechsel[1] und dem ganzen ruhigeren Leben des Thieres plötzliche Aenderungen in der Füllung seiner

[1] A. a. O. S. 145.

[2] A. a. O. S. 139.

[3] Man findet, wie gleich zu Anfang bemerkt, den Kilch hauptsächlich in der Gegend von Langenargen, bisweilen aber auch bei Ueberlingen (Rapp) und bei Steckborn (Asper), nach v. Siebold in einer Tiefe von 60—80 m, nach Weissmann in einer solchen von 900 Fuss, d. h. etwa 270 m. Sein Laichgeschäft aber vollzieht sich nach Asper (*Die Fische der Schweiz und die künstliche Fischzucht.* Bern 1890. S. 54.) Ende October bis Anfang November in einer Tiefe von 45—60 Metern. Ich fragte mich, ob nicht, wenn das Laichgeschäft beendet und der Fisch wieder in die grössere Tiefe — Weissmann's Angabe als richtig vorausgesetzt — zurückgekehrt ist, alsbald nach und infolge dieser Rückkehr der Sauerstoffgehalt seiner Blasenluft eine merkliche Zunahme zeigen werde. Der Versuch spricht nicht dafür. In der Schwimmblase zweier Kilche, die mir auf meine Bitte Mitte November mit noch einigen anderen aus Langenargen völlig wohlerhalten zukamen, fand ich beim einen 1·92, beim anderen 12·80 Vol. Procent Sauerstoff, demnach nicht mehr, sondern eher weniger als im September, also vor dem Laichgeschäft.

Digitized by Google

Blase nur selten nöthig werden. Es ist aber ferner zu vermuthen, dass gerade der Sauerstoffgehalt derjenigen Wasserschichten, in denen er als Schlammbewohner sich umtreibt, wohl nicht der reichste im See, und dass desshalb unser Fisch sich den Luxus einer mit Sauerstoff erfüllten Blase nicht wohl erlauben kann. Was er aus solchem Wasser an Sauerstoff durch die Kiemen zu erlangen vermag, reicht vielleicht nur hin zur Befriedigung der allernothwendigsten Bedürfnisse, nicht aber auch noch zur Auffüllung seiner Blase.

Anders ist das bei Fischen, die, wie z. B. der Barsch, je nach der Jahreszeit bald nahe der Oberfläche, bald in grösserer Tiefe jagen. Dem Barsch, wie anderen gefrässigen Raubfischen, z. B. dem Hechte[1], kann es begegnen, dass er plötzlich, in der blinden Hast der Verfolgung seiner Beute, unterhalb der Tiefenzone anlangt, auf welche Inhalt und Umfang seiner Blase ihn anweisen. In kürzester Zeit muss er, um nicht unfreiwillig an den Seegrund gefesselt zu werden, den gasigen Blaseninhalt vermehren. Dazu genügt aber keineswegs die Ausscheidung der spärlichen Stickgasmengen, welche sein Blutwasser beherbergt; er muss den reichen Vorrath an Sauerstoff angreifen, den er lose gebunden im Oxyhämoglobin besitzt.

Umgekehrt wird einem Fische, dessen Blase wie bei Perca oder Lota, keinen Luftgang, also kein „Sicherheitsventil“,[2] besitzt, die Verringerung

---

[1] Unter den 27 Hechten, deren Schwimmblasenluft Erman analysirte, befand sich auch ein solcher mit 24·4 Procent Sauerstoff. Es war diess „ein Hecht von mittlerer Grösse und ein Rogener, bei dem sich durchaus nichts Eigenthümliches wahrnehmen liess“ (a. a. O. S. 133). „Eine paradoxe Ausnahme“ nennt ihn Erman (a. a. O. S. 134).

[2] Ist der Luftgang der Schwimmblase in der That nur „Sicherheitsventil“, wie ihn Joh. Müller (Müller's *Archiv.* 1840. S. 136) bezeichnet? oder sollte er nicht auch dazu dienen können, der Blase Luft zuzuführen? Der Gedanke, dass das letztere der Fall, liegt freilich sehr nahe, besonders, wenn man sieht, wie gern die Fische Luft an der Oberfläche saugen oder — wie in den Aquarien — die aufsteigenden Luftblasen durch Maul und Kiemen streichen lassen; allein ein wirklicher Beweis dafür, dass durch ihn Luft von aussen in die Schwimmblase gelange, wurde bisher noch niemals erbracht. Umgekehrt wird durch die Auspumpungsversuche bewiesen, dass der Luftgang vortrefflich dazu dienen kann, Luft aus der Blase entweichen zu lassen, und weiter lehren meine Versuche mit den ausgepumpten Hechten, welche frei mit der Atmosphäre communiciren durften und deren Blasenluft zuletzt doch einen Gehalt an Sauerstoff von gegen 50 Procent besass, dass diese Luft nicht von aussen geschluckt sein konnte. Also behält Joh. Müller wohl recht. Nur darin kann man ihm nicht beistimmen, dass er sagt, der Luftgang sei „Sicherheitsventil“ für hohen Druck „beim Aufenthalt in grossen Tiefen“; denn gefährlich wird seine stark gefüllte Blase dem Tiefseefische gerade nicht in der Tiefe, sondern erst dann, wenn er — meist wohl unfreiwillig — so hoch emporgelangt, dass er, wie Weissmann (a. a. O. S. 140)

Digitized by Google

des Gasgehaltes derselben, im Falle eine solche nach der Vertauschung eines längeren Aufenthaltes in grösserer Tiefe mit einem solchen in der Nähe der Oberfläche nothwendig geworden, vermuthlich rascher und bequemer gelingen, wenn das Gas zum grossen oder grössten Theile aus Sauerstoff, als wenn es nur aus Stickstoff besteht. Hierzu wäre es nur nöthig, dass die Epithelzellen der Blasenschleimhaut den Sauerstoff ebenso nach der einen wie nach der entgegengesetzten Seite hindurchzulassen vermöchten. Dann brauchte der Fisch, gerade so wie wenn er die Blase mit Sauerstoff füllen wollte, die Capillaren ihrer Schleimhaut nur reichlicher mit langsam fliessendem Blute zu versorgen, während er gleichzeitig die Kiemenathmung für einige Zeit ganz oder theilweise zu unterdrücken hätte. Es müsste sich dann ein Diffusionsstrom von Sauerstoff aus der sauerstoffreicheren Blasenluft nach dem sauerstoffarmen Blute hin bewegen, und Inhalt und Spannung der Blase würden sich vermindern je nach Bedürfniss. Für eine solche Rückkehr des Sauerstoffs der Blasenluft ins Blut sprechen in der That mehrfache Beobachtungen.

Vor allen Dingen hat Moreau [1] ein allmäliges Verschwinden des Sauerstoffs aus der Blase direct bewiesen, indem er Flussbarsche in ein Gefäss brachte, dessen Wasser absichtlich nicht erneuert ward. Nach 24 Stunden waren sie todt und ihre Schwimmblasenluft enthielt selbst keine Spuren von Sauerstoff mehr. Anders dagegen verhielt sich die Sache bei den Cyprinoiden. Sie starben unter den gleichen äusseren Bedingungen schon, wenn der Sauerstoffgehalt ihrer Schwimmblasenluft noch kaum vermindert war. Die Absorption von Sauerstoff geht hier offenbar sehr langsam von statten: d'où l'on voit, sagt Moreau (p. 67), que les Poissons, qui ont un canal aérien, vestige pour beauconp d'auteurs de la trachée-artère, ne jouissent pas, au même titre que ceux qui ont la vessie close, du bénéfice de pouvoir au besoin consommer l'oxygène contenu dans l'organe. Moreau hätte hier nicht unterscheiden sollen zwischen Fischen mit offener und solchen mit geschlossener Blase, sondern vielmehr zwischen Fischen, welche „Luftdrüsen" in ihrer Blase besitzen, und solchen, welche dergleichen entbehren; denn auch die Schwimmblase des Hechtes ist, wiewohl sie mit einem Luftgange versehen ist, mit diesen Organen ausgerüstet.

---

sehr richtig bemerkt, nicht mehr im Stande ist, die wegen des verminderten Aussendruckes sich mächtig ausdehnende Blase mittels Muskelkraft zu bemeistern. — Uebrigens bleibt wohl das beste, was über den Einfluss der Spannung der Schwimmblase auf die Leichtigkeit und Möglichkeit des Auf- und Niedersteigens der Fische im Wasser je gesagt worden ist, die von Bergmann gegebene Darstellung dieser Verhältnisse in Bergmann und Leuckart, *Anatomisch-physiologische Uebersicht des Thierreichs*, Stuttgart 1852. S. 415—420.

[1] A. a. O. S. 65.

Digitized by Google

Aber auch schon Configliachi hat, wie man aus seinen Aeusserungen schliessen muss, Erfahrungen gemacht, welche obige Annahme bestätigen. „Es trifft", sagt er,[1] „diese Erscheinung" (er meint die Vergrösserung des Sauerstoffgehaltes mit der Tiefe, „auch bei Fischen zu, die nach der Jahreszeit auch ihre Tiefe ändern und daher bald oberflächlich, bald nur in grosser Tiefe gefangen werden, wohin die Flussbarsche und der Cyprinus lariensis unserer Seeen gehören, deren Schwimmblasenluft wenigstens 0.03" (bedeutet 3 %) „weniger Sauerstoff hält, wenn sie bei geringer, als wenn sie bei grosser Wassertiefe gefangen werden."

Auch unter den sehr verschiedenartigen Fischen, in deren Schwimmblasenluft Biot[2] einen Sauerstoffgehalt nachwies, der denjenigen der Atmosphäre sehr merklich, in einem Falle sogar um das Vierfache übertraf, finden sich solche, deren Namen in dem neuesten Verzeichnisse[3] ausgesprochener Tiefseefische nicht genannt sind. Arten wie Sciaena nigra (26 Procent Sauerstoff), Gadus merluccius (79 Procent) und Trigla lyra (87 Procent) gehören wenigstens nicht zu ihnen, sondern vielmehr entweder zu den „pelagischen", d. h. solchen, welche die oberflächlichen Schichten des hohen Meeres bewohnen, oder zu den „Küstenfischen". Dasselbe gilt für die von Configliachi untersuchten Umbrinen (65—78 Procent), Pagellen (30—40 Procent) und Caranxarten (83 Procent),[4] desgleichen für Trigla Cucullus (91·9 Procent).[5]

Auch die Schwertfische, von deren einem Brodbelt[6] angiebt, dass sich in dessen Blase beinahe nur reines Sauerstoffgas gefunden habe, sind nichts weniger als Tiefseefische, sondern treiben sich meist auf der hohen See umher.

Es will somit scheinen, als ob gar nicht die eigentlichen Tiefseefische, d. h. also solche, welche, wie der Kilch, ihren dauernden Aufenthalt in grosser Tiefe haben und sich niemals freiwillig an die Oberfläche begeben, sondern vielmehr nur diejenigen, welche, wie jene von mir untersuchte Lota vulgaris des Bodensees,[7] die Tiefe nur zeitweise suchen oder bewohnen, Luft von höherem als dem atmosphärischen Procentgehalte an Sauerstoff in die Blase secernirten. Auch will es mir ferner scheinen, als

[1] A. a. O. S. 146–147.

[2] Schweigger's *Journal.* 1811. Bd. I. S. 124.

[3] Günther, *Handbuch der Ichthyologie,* übersetzt von Hayek. Wien 1886. S. 204—206.

[4] Ich citire hier nach Milne Edwards (*Leçons sur la Physiologie et l'Anatomie comparée.* Paris 1857. t. II. p. 380), da mir Configliachi's Originalabhandlung leider nicht zu Gebote steht.

[5] Delaroche, *Ann. d. Mus. d'hist. nat.* 1809. t. XIV. p. 213.

[6] Nicholson's *Journ. of Nat. Phil.* 1797. t. I. p. 264.

[7] Siehe die Zusammensetzung ihrer Schwimmblasenluft oben S. 57.

Digitized by Google

vermöchte ein hoher Sauerstoffgehalt der Blasenluft Fischen, die dauernd entweder den Grund oder wenigstens immer die gleiche tiefgelegene Meeresschicht bewohnen, überhaupt keinen Vortheil darzubieten; denn jedenfalls könnte, wenn es gälte, die Blase nur bei gleich praller Füllung zu erhalten, Stickgas vollkommen den gleichen Dienst verrichten: indessen liegen Analysen der Schwimmblasenluft wirklicher Tiefseefische, wie sie z. B. während der Challengerexpedition mit dem Schleppnetze zu Tage gefördert wurden und deren Verzeichniss bei Günther (a. a. O.) zu finden ist, meines Wissens noch gar nicht vor.

Zur Unterstützung des eben Gesagten können endlich noch die Beobachtungen dienen, welche A. Erman[1] während seiner Weltumsegelung in den Jahren 1828—1830 an einigen Fischen des hohen Meeres gemacht hat. Im Vorworte[2] zu seinem in der unten stehenden Anmerkung genannten Werke heisst es z. B.: „Während der Umschiffung von Amerika, in der Südsee und im atlantischen Meere, habe ich Analysen des Gases in den Schwimmblasen der Bonniten und in denen der fliegenden Fische mehrmals wiederholt und, ganz im Gegensatz zu den sicheren Erfahrungen von P. Erman über die Schwimmblasen der Flussfische, den Sauerstoffgehalt in diesen Organen bei Weitem grösser als in der atmosphärischen Luft gefunden: jedoch so, dass in dem Gase von Exocoetus der hineingelegte Phosphor weniger absorbirte als in dem der Bonniten. Einige Aufmerksamkeit dürften diese Versuche desswegen verdienen, weil sowohl die Individuen von Scomber Pelamys als die von Exocoetus, mit denen ich es zu thun hatte, sämmtlich an der Oberfläche gefangen wurden: während nach Biot's Ansicht die grössere Tiefe des Aufenthaltsortes jenen starken Sauerstoffgehalt bedingen soll. — Die Bonniten, welche wir an der Meeresoberfläche mit der Jagd der fliegenden Fische beschäftigt fanden, konnten freilich erst kurz zuvor aus der Tiefe aufgetaucht sein: in Bezug auf Exocoetus haben aber die Physiologen zu entscheiden, ob dieselben auf längere Zeiten ihren Sprüngen durch die Luft entsagen und grosse Tiefen suchen können, oder ob dennoch die so analog scheinende Biot'sche Ansicht zu modificiren sei."

Mittels eines Phosphoreudiometers fand A. Erman in der Schwimmblase eines Exocoetus evolans in 100 Volumtheilen 50·28 Sauerstoff und 49·72 Rückstand; und in derjenigen von Scomber Pelamys in 100 Volumtheilen 79.24 Sauerstoff auf 20·76 Rückstand.[3]

---

[1] Verzeichniss von Thieren und Pflanzen, welche auf einer Reise um die Erde gesammelt wurden von A. Erman. Mit XVII. Tafeln. Berlin 1835.

[2] A. a. O. S. VI.

[3] A. a. O. S. 25 und 26. Man vergleiche mit diesen Zahlen die oben (S. 56) angeführten Resultate von Humboldt's Analysen.

Digitized by Google

Physiologische Schlussbetrachtung.

Hat man erst einmal die Ueberzeugung gewonnen und sich an die Vorstellung gewöhnt, dass die Ausscheidung von Gasen in den Hohlraum der Schwimmblase zum grossen Theile die Leistung einfacher oder drüsenartig angeordneter Zellen ist, so erscheint sie Einem sogleich als die einfachste Form einer Drüsenwirkung überhaupt. Denn diese besteht hier nicht in der selbständigen Hervorbringung und nachherigen Ausstossung einer Anzahl complicirter organischer Substanzen, sondern lediglich in der Weiterbeförderung einfacher Moleküle anorganischer Gase und — wenn man von der Kohlensäure absieht — sogar zweier gasiger Elemente. Die Thätigkeit jener Zellen ist somit gar nicht diejenige chemisch arbeitender Drüsen, wie der Schleim-, Talg- und Schweissdrüsen oder wie der Leber und anderer, sondern vielmehr die eines physikalischen Apparates, und zwar eines Pumpwerkes, das Stoffe in's Freie zu befördern hat, die im Blute bereits fertig vorhanden und nicht erst aus anderen zu bilden sind.

Tübingen, im December 1891.

Digitized by Google

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. II.)

In Fig. 1*a* und 1*b* sind Durchschnitte durch den normalen, in Fig. 2*a* und 2*b* solche durch den ausgepumpten Fisch dargestellt. In 1*a* und 2*a* ist die vordere, in 1*b* und 2*b* die hintere Blasenabtheilung getroffen, und zwar blickt der Beschauer bei 1*a* und 2*a* gegen den Kopf, bei 1*b* und 2*b* gegen den Schwanz des Thieres hin.

In allen 4 Figuren bedeutet:

W die Wirbelsäule,
V „ Schwimmblase,
O „ Ovarien.

Die Darmdurchschnitte sind nicht besonders bezeichnet.

Digitized by Google

Beiträge zur vergleichenden Physiologie und Histologie der Verdauung.

I. Mittheilung.

Der Darmcanal der Echinodermen.

Von

Prof. **Johannes Frenzel.**

(Hierzu Taf. III u. IV.)

(Aus der mikroskopisch-biologischen Abtheilung des physiolog. Institutes zu Berlin.)

Einleitung.

Der Titel, welcher den nachfolgenden Zeilen vorgesetzt ist, mag ein wenig anmaassend erscheinen, denn von einer vergleichenden Physiologie hat man bisher nicht viel gehört und viel weniger noch von einer solchen der Verdauung. Man wird weiterhin auch finden, dass nur ein kleiner Theil von dem gehalten wird, was der Titel verspricht. Ich glaubte ihn indessen als einen allgemeineren wohl deshalb wählen zu dürfen, als diese Mittheilung der Beginn von ihr folgenden sein soll, welche alle dasselbe Thema zu behandeln haben werden, gerade wie ich bereits schon früher einige Beiträge zu demselben geliefert habe, welche hier gewissermaassen eine Fortsetzung finden sollen.

Wer die Thätigkeit eines Organes oder eines Complexes von Organen näher erforschen will, hat sich zuvörderst über dessen Bau eingehend zu unterrichten. Dies ist ein uns so geläufiger Satz, dass an dieser Stelle nicht weiter daran zu erinnern ist. Wollen wir mithin über die Verdauungserscheinungen im Thierreiche etwas erfahren, so werden wir die anatomische Gestaltung der Verdauungsorgane der Thiere zu Grunde legen müssen, mit anderen Worten: die vergleichende Anatomie. Wir müssen

Digitized by Google

jedoch noch einen Schritt weitergehen; denn das, was man gemeinhin unter dem letzteren Begriff zusammenfasst, hat sich weniger zur Aufgabe gemacht, die Organe und Organsysteme mit Rücksicht auf ihre Thätigkeit zu beschreiben und zu vergleichen, sondern vielmehr in allererster Linie mit Rücksicht auf ontogenetische und phylogenetische Probleme, welche gegenwärtig wenigstens mit den physiologischen recht wenig Berührungspunkte haben. Es ist daher eine Vernachlässigung der letzteren eingetreten, welche leicht gefährliche Folgen nach sich ziehen könnte, und es ist ähnlich so gekommen wie s. Z. — man verzeihe diesen Vergleich — mit einem bekannten Theatergebäude, von dem eine hochgestellte Persönlichkeit meinte, dass es nicht nur recht schön sei, sondern dass es auch noch ein kleines — Theaterchen enthalte.

Ohne Zweifel ist es ja richtig, dass wir die Organe nicht ausschliesslich nach ihrer physiologischen Bedeutung eintheilen und vergleichen dürfen. Wenn jemand ein Haus baut, so mag er es wohl seinem Zwecke entsprechend einrichten. Wer aber ein altes Haus, das einstmals anderen Zwecken gedient hat, oder den fertigen Grundplan zu einem im Entstehen begriffenen übernimmt, der muss das Bestehende beibehalten und kann oft nur wenig daran ändern. So ungefähr möchte es auch mit unseren Organen sein, die vielleicht einstmals eine ganz andere Thätigkeit zu erfüllen hatten, und denen ein bestimmter von diesen unabhängiger Bauplan zu Grunde liegen mag. Trotzdem aber dürfen wir, bei den meisten von ihnen wenigstens, nicht vergessen, dass sie ihre Function wohl verändert, durchaus indessen nicht aufgegeben haben.

Wollen wir nunmehr den oben bezeichneten Schritt weitergehen, so ist so tief wie möglich in die Anatomie des Organs, um das es sich handelt, einzudringen, in dessen Histologie bis zur einzelnen Zelle hin, denn diese ist bekanntlich die eigentliche Werkstatt, in welcher sich die specifische Thätigkeit vollzieht.

Die Physiologie der Verdauung bei den Wirbellosen und niederen Wirbelthieren ist zwar durchaus kein unbekanntes Gebiet mehr, und die Schriften Hoppe-Seyler's, Krukenberg's, Fél. Plateau's und vieler Anderer gemahnen an die Fortschritte auf demselben, die aber doch bloss die rein chemische Frage eingehender berührten. Ueber den Bau der Verdauungsorgane und besonders über den der hierbei in Betracht kommenden Zellen und über ihre eigentliche Thätigkeit sind unsere Kenntnisse indessen immer noch so lückenhafte, dass ich mir nicht versagen möchte, schon jetzt Einiges zur Besserung dieses Zustandes zusammenzutragen, obgleich auch ich zunächst nur Lückenhaftes bieten kann.

Mehr und mehr hat man sich daran gewöhnt, die Organe des thierischen Körpers als nach bestimmten Gesetzen aufgebaut zu sehen, welche

Digitized by Google

in ihnen liegen und mit ihrer Thätigkeit möglichst wenig zu thun haben. Allenfalls hat man dieser einen bescheidenen Einfluss eingeräumt. Wie es sich nun mit den Geweben verhält, welche die Organe aufbauen, darüber hat sich bis jetzt eine irgendwie klare Meinung noch nicht entwickelt. Meist lässt man sie daher in ontogenetischen und phylogenetischen Angelegenheiten ganz ausser dem Spiele, ohne zu bedenken, dass eben jene Organe ohne sie doch gar nicht bestehen könnten. Hie und da wird auch offen erklärt, dass die Gewebe durchaus nichts mit der Gestaltung eines Organes zu thun hätten. Dieses sei eben eine feste, bestimmte, bezw. nach „höheren", leider recht mystischen, Gesetzen veränderliche Form, in welche erst die Gewebe je nach der Benutzung hineingethan werden, geradeso wie man in einen Krug Bier oder Wein giesst. Es lässt sich mithin hinsichtlich der einzelnen Zelle ebenso wenig aussagen, wie die heutige Meinung darüber sei, ob sie nämlich gleichfalls einem bestimmten, in ihr liegenden Entwickelungsgesetze unterthänig ist, oder ob sie das freie Recht hat, sich ihrer Function anzupassen und von dieser einzig und allein abhängig zu sein. Wenn es sich nun darum handelt, die Thätigkeit einer Zelle oder eines Gewebes zu ergründen, so müsste hierzu eine Klarheit über den vorhergehenden Satz unbedingt erforderlich sein, und da dies leider nicht möglich ist, so wird man immerhin nur zu halben, zu muthmasslichen Schlüssen gelangen. Wird auch gemeinhin angenommen, die Zelle sei nicht nur ein morphologischer, sondern auch ein physiologischer Elementarorganismus, sie werde demnach in ihrem Bau und in ihren Bestandtheilen einzig und allein von ihrer Thätigkeit bestimmt, so werden wir, das meine ich, diesem Satze vor der Hand nicht beistimmen können. Wir werden vielmehr, ehe nicht das Gegentheil bewiesen, annehmen müssen, dass die Zelle gerade wie das Organ sich vererbe und nach Gesetzen gestalte, die nicht ausschliesslich in ihrer Thätigkeit begründet sind. Man würde somit jede Zelle im Einzelnen als die Componente eines phylogenetischen Gesetzes und ihrer Thätigkeit ansehen, wie man das ja auch für ganze Organe thut.

Von einem solchen Gesichtspunkte ausgehend, der wenigstens doch den Vorzug der Consequenz hat, wird man vielleicht manche Erscheinungen im Leben der Zelle erklären können, die, legte man nur ihre Thätigkeit als Maassstab an, völlig unerklärt bliebe, genau so, wie ein Organ auch nicht ausschliesslich nach seiner Function beurtheilt werden könnte. Die Physiologie freilich hat es nur mit der letzteren zu thun, ihre Schlüsse aber muss sie nach den allgemeineren Gesichtspunkten einrichten.

Es schien mir angezeigt, diese kleine Auseinandersetzung vorauszuschicken, um den Standpunkt zu bezeichnen, von dem aus wir an unser

Digitized by Google

Thema herantreten wollen. Dagegen würde es zu weit führen, an dieser Stelle eine Uebersicht über unsere Kenntnisse der Verdauung und der ihr dienenden Organe im Thierreiche zu geben, eine Uebersicht, welche ich mir vorbehalte, bei anderer Gelegenheit folgen zu lassen. In der nachfolgenden Mittheilung sollen die Verhältnisse bei den Echinodermen besonders berücksichtigt werden, und zwar zunächst auch nur im Hinblick auf bestimmtere Fragen. Diese berühren einmal die bei der Secretion stattfindenden Vorgänge, ferner den feineren Bau der Darmepithelien und endlich die Art und Weise wie die Absorption vor sich geht, welche letztere ohne Zweifel der dunkelste Punkt in der gesammten Lehre von der Verdauung ist.

Darmcanal der Echinodermen.

Es ist eine auffällige Erscheinung, dass die Echinodermen, mit Ausnahme etwa ihrer Befruchtungsvorgänge, von der modernen Zoologie so stark vernachlässigt werden. Dies bezieht sich besonders auf ihre Histologie, welche bisher nur wenig Bearbeiter gefunden hat. Umfassendere Arbeiten über diese liegen nur von O. Hamann vor, der es sich aber selbst nicht zum Ziele gesetzt hatte, weiter in die histologischen Einzelheiten vorzudringen, über die wir schon aus dem Grunde so wenig wissen, weil erstens eine gute Fixirung und Conservirung der Echinodermen-Gewebe immer noch nicht recht gelingen möchte, und weil zweitens die meisten derartigen Untersuchungen sets nur an solchem Material ausgeführt wurden, anstatt dass man zunächst das frische und überlebende Object in Betracht gezogen hätte. Sobald man über das Aussehen und die Thätigkeit eines Gewebes etwas erfahren möchte, so sollte man doch zunächst die älteren, um Vieles einfacheren Untersuchungsmethoden benutzen, die schon einen Leydig in den Stand setzen konnten, eine vergleichende Histologie zu schreiben. Wenn wir mithin nicht für jedes Gewebe eine specifische Praeparation und Fixirung kennen, werden wir in der Deutung der Schnittbilder immer ganz besonders vorsichtig sein müssen, um nicht das Praeexstirende mit einem Artefacte zu verwechseln.

Was nun den Darmkanal der Echinodermen betrifft, so machte ich mir zunächst zur Aufgabe, das lebende, bezw. das überlebende Gewebe zu untersuchen, was gerade bei diesem Thiertypus sehr bequem auszuführen ist. Man hat nur nöthig, die Schale aufzubrechen und mit Pincette und Scheere einzelne Theile des Darmes abzutrennen oder diesen als Ganzes herauszupraepariren, was um so leichter möglich, als er nur durch zarte Bindegewebsstränge befestigt ist. Bei Zusatz von gewöhnlichem Seewasser hält sich das Darmepithel ganz ausgezeichnet und kann lange Zeit beobachtet

Digitized by Google

werden. Zum Vergleich und zur Ergänzung zog ich sodann conservirtes Material heran und zwar besonders von Toxopneustes (Strongylocentrotus) lividus, Holothuria tubulosa, Cucumaria Planci, Ophioglypha texturata, Ophioderma longicauda, Ophiothrix fragilis, Schizaster spec., Spatangus spec. u. a.; frisch wurden ferner noch untersucht: Synapta digitata, Echinus microtuberculatus, Sphaerechinus granularis, Astropecten aurantiacus, A. platyacanthus, Asterias (Asterocanthion) rubens, Asteriscus spec., Palmipes membranaceus, Ophioglypha albida, Ophiocoma spec., Ophiomyxa spec., Antedon rosacea und einige andere, nicht näher bestimmte.

Die Untersuchung des frischen Materials wurde grossentheils in Triest ausgeführt, wo es mir durch gütige Vermittelung des Hrn. Hofrath Prof. Dr. C. Claus vergönnt war, die dortige K. K. österreichische zoologische Station zeitweilig zu benutzen (1885/6). Auch der rührige Beamte des Berliner Aquariums, Hr. Kossel, versorgte mich dort freundlichst mit Material. Eine Fortsetzung der Arbeiten erfolgte in Kiel (Sommer 1886), wo mir der damalige Director des zoologischen Institutes, Hr. Prof. Dr. C. Möbius, die Benutzung desselben gestattete. Die conservirten Objecte endlich wurden zum Theil in der mikroskopischen Abtheilung (Prof. Fritsch) des physiologischen Instituts zu Berlin verarbeitet.

Allen Herren, welche die Güte hatten, mich zu unterstützen, sei an dieser Stelle noch einmal der wärmste Dank gesagt.

Die Conservirung des Darmcanals der Echinodermen geschah in verschiedener Weise. Nicht ungünstig erwies sich eine Behandlung mit Salpetersäure-Sublimat-Alkohol, ferner eine solche mit Merkel'scher Flüssigkeit (Chromsäure, Platinchlorid) oder mit reinem Alkohol. Es gelang jedoch bisher auf keine Weise, völlig schöne und untadelhafte Praeparate zu erzielen, ein Uebelstand mit dem, wie es scheint, auch O. Hamann zu kämpfen hatte. Die so behandelten Objecte schliesslich wurden theils in Paraffin geschnitten und mit Carmin und Haematoxylin gefärbt, theils als Zupfpraeparate in Bergamottöl beschaut. Zur schnellen Orientirung ist das Zerzupfen eines Gewebsstückes nach vorheriger Färbung ein so bequemes Mittel, dass es häufiger angewendet werden sollte, als es heute thatsächlich geschieht.

Die Holothurien.

Bei Synapta digitata unterschied Hamann[1] folgende Darmabschnitte: Oesophagus (Schlund), Drüsenmagen, Dünndarm und endlich Rectum. Im Oesophagus beschrieb er ein Epithel ähnlich dem der äusseren Körper-

[1] (1) O. Hamann, *Beiträge z. Histologie d. Echinodermen.* Heft 1. Holothurien. Jena 1884. S. 45 fg. — S. 52 fg.

Digitized by Google

haut, Becherzellen und schlauchförmige Drüsen enthaltend, von denen die ersteren auf den Wülsten selbst sitzen sollten. Ganz anders fand er den Drüsenmagen. Hier sah er nämlich lauter Drüsenzellen von einzelliger Natur und mit einer starken Cuticula. Ihr Inhalt war fein granulirt. Der Dünn- oder Chylusdarm bildet weiterhin den längsten Abschnitt. Seine Epithelzellen sind cylindrisch bis cubisch ohne Cuticularsaum, aber mit feinen Wimpern versehen. Dazwischen treten Becherdrüsenzellen auf, sowie auch wandernde Plasmazellen. Hamann war endlich der Meinung, dass im Dünndarm absorbirt werde, mit welchem Zweck dessen Blutlacunen in Beziehung stünden, während der Drüsenmagen nur secernire.

Da Hamann leider nur mit conservirtem Material zu thun hatte, so ist ihm eine der eigenthümlichsten Bildungen im Echinodermendarm ganz entgangen, nämlich die rothen Secretzellen. Diese finden sich auch im Darm von Synapta (Taf. IV, Fig. 3), wo sie ganz ähnlich wie bei Toxopneustes sind, wie später noch zu zeigen sein wird. Am häufigsten sind sie im Dünndarm, wo sie den „Becherdrüsenzellen" oder vielleicht auch der „wandernden Plasmazellen" Hamann's entsprechen mögen, was leider an der Hand seiner Darstellung nicht zu entscheiden ist.

Der Darm von Synapta hat eine hellröthliche Farbe, die hauptsächlich von jenen rothen Zellen herrührt, welche stellenweise sehr zahlreich sind. Das übrige Epithel, die Cylinderzellen, sind hier hingegen von sehr geringer Färbung, wohl auch ganz farblos, so dass sie kaum die Totalfärbung des Darmes beeinflussen können. Daher, und da seine Wandung noch dazu sehr dünn ist, ist er fast völlig durchsichtig.

Die rothen Secretzellen stimmen in ihren Eigenschaften ganz mit denen von Toxopneustes überein, so dass sie später besprochen werden sollen. Werden sie längere Zeit unter dem Mikroskop beobachtet, wobei endlich das Epithel abstirbt, so verfärben sie sich und nehmen eine schmutzig-bräunliche Farbe an. Auch nachdem sie aus dem Epithel gewandert und in das Darmlumen gelangt sind, scheint dasselbe einzutreten. Der Stäbchensaum, welcher das Epithel überzieht und die feinen Wimpern trägt, ist bei Synapta sehr niedrig.

Ganz wesentlich verschieden von den soeben angedeuteten Verhältnissen sind die bei den eigentlichen Holothurien, den Pedaten. Zwar giebt Hamann für diese dieselben Darmabschnitte wie für Synapta an; doch ist mindestens das Epithel von anderer Beschaffenheit. Auffallend ist zunächst schon der Umstand, dass der Darm der Pedaten dunkel gefärbt ist, während er bei Synapta hell erscheint. Für Cucumaria cucumis giebt Hamann (l. c. 1. Hft. 1. p. 71 fg.) an, dass das Epithel des Oesophagus einen dunklen Farbstoff enthalte. Die Zellen selbst beschreibt er als lang fadenförmig, ohne Drüsen. Solche werden erst im Dünndarm

Digitized by Google

constatirt, als „gelbe Ballen mit gekörntem Inhalte“ (l. c. Taf. III, Fig. 41), die, wie Hamann glaubt, zur Nahrungsaufnahme in Verbindung zu stehen scheinen. „Vielleicht sind es Ausscheidungsproducte“, womit vermuthlich gesagt werden soll, dass ihre Bedeutung eine secretorische sei.

Im Epithel des Oesophagus von Holothuria tubulosa, das in Längswülsten angeordnet ist, constatirte Hamann eine „hohe Cuticula“ im „Drüsenmagen“ lange Cylinderzellen mit grossen, gelblichen Drüsenzellen (l. c. Taf. VI, Fig. 79, 80) und gleichfalls eine Cuticula, von der die Drüsenzellen durch eine „Protoplasmaschicht“ (!) getrennt sein sollten, die fein längsgestreift ist. Der Dünndarm endlich sollte ebenfalls mit langen dünnen Epithelzellen besetzt sein, unterbrochen von Drüsenzellen, welche „anders als die des Magens beschaffen sind“. Doch seien auch sie gelblich, mit körnigem Inhalt und färben sich tief dunkel.

Der Darm von Holothuria eignet sich nicht besonders für die Untersuchung im frischen, überlebenden Zustande. Das Epithel fand ich im allgemeinen ähnlich dem von Astropecten (s. d.) und von Toxopneustes, von dem es sich jedoch wesentlich durch den Mangel an rothen Secretzellen unterscheidet. Ein Stäbchensaum war zu erkennen, doch nirgends eine „Cuticula“, wie Hamann will, so dass ich wohl vermuthen darf, dieselbe sei in seinen Praeparaten durch eine Verquellung jenes Saumes vorgetäuscht worden, wie es ja auch an anderen Orten geschieht.

Eine scharfe Differenzirung des Mitteldarmes der Holothuria in einen „Drüsenmagen“ und einen „Dünndarm“ wie Hamann es beschreibt, vermochte ich nicht zu bestätigen. Allerdings ist der vordere Darmabschnitt reicher an wandernden Secretzellen, welche die langen, dünnen Epithelcylinderzellen fast ganz verdrängen. Weiterhin stellt sich ein gewisses Gleichgewicht zwischen beiderlei Gebilden ein (Taf. III, Fig. 2). Ebenso ist das Epithel im Anfangstheil ein sehr hohes, um allmählich niedriger zu werden. Im Anfangstheil ist ferner auch die Wulstbildung auffallend, welche im conservirten Praeparat in Folge von Contraction vermuthlich noch erheblich verstärkt wird. Hier zeigen sich (Taf. III, Fig. 2) hohe, schmale, fast zottenartige Wülste dicht aneinandergedrängt, so dass zwischen ihnen nur ein schmaler, spaltartiger Raum frei bleibt. Dass hier ferner eine Contraction vorliegt, wird dadurch wahrscheinlich gemacht, dass das äussere Bindegewebe gleichfalls in Falten gelegt ist und sich tief in jeden Wulst hineinzieht, während die als Muscularis zu deutenden Fasern straff gespannt sind. Damit stimmt endlich überein, dass auch das äussere, der Leibeshöhle zugekehrte Epithel, eine Eigenthümlichkeit der Echinodermen, faltig geworden ist. Einzig und allein wird indessen die Wulstbildung nicht durch jene Contraction bewirkt, sondern ist ohne Zweifel hier gleichfalls wie an anderen Orten eine Eigenschaft des Epithels selbst.

Digitized by Google

Das Darmepithel besteht aus zweierlei Zellen, nämlich aus den Cylinderzellen und den wandernden Secretzellen. Es liegen hier mithin ähnliche Verhältnisse vor, wie in der Mitteldarmdrüse der Decapoden und Amphipoden[1] und wie im Mitteldarme vieler Insecten,[2] wo im ersteren Falle die cylindrischen Zellen von den „fetthaltigen", die „Secretzellen" von den „Fermentzellen" repraesentirt werden, während Leydig und ich die entsprechenden Zellen im Raupendarm als „Schleimzellen"[3] angesprochen hatten. Wie wir später noch sehen werden, wird sich die soeben angezogene Analogie noch weiter durchführen lassen.

Die cylindrischen Epithelzellen sind sehr lang gestreckt und schmal. Leider war meine Conservirung nicht gut genug gelungen, so dass die Zellgrenzen etwas verschwommen und verworren blieben. Doch liess sich aufs Deutlichste erkennen, dass sie der bindegewebigen Tunica unmittelbar aufsassen und nicht etwa in eine dicke Schicht von Nervenfasern ausliefen, wie Hamann es hier und bei anderen Echinodermen darstellt. Ich habe an keiner Stelle davon etwas zu sehen vermocht. Sie steigen etwa senkrecht von dieser Tunica auf und streben der freien Oberfläche des Epithels zu. Es reichen aber nicht alle bis hierhin und viele von ihnen haben sich auch schon von dem Substrat losgelöst, was man am besten an der Lage des Kernes verfolgen kann. Aus diesem Umstande, sowie aus einem später noch zu berührenden, ist zu schliessen, dass auch diese Zellen secretorisch thätig sein können, bezw. dass sie bei ihrer Thätigkeit zu Grunde gehen können, indem sie aus dem Epithel auswandern, bezw. ausgestossen werden.

Diejenigen Cylinderzellen, welche die freie Oberfläche des Epithels erreichen, sind bewimpert, wie man an überlebenden Objecten gut sehen kann, während am conservirten die Wimpern leicht zerstört werden. Sie sitzen einem ziemlich niedrigen Stäbchensaum auf, wie ich ihn an anderer Stelle[4] bereits näher beschrieben habe. Auch dieser ist empfindlich und daher in der beigegebenen Zeichnung (Taf. III, Fig. 2) nur andeutungsweise ausgedrückt. Dies ist schon ein weiterer Grund, ihn nicht als „Cuticula" (Hamann) anzusehen, da eine solche stets erheblich resistenter ist.

---

[1] (2) Joh. Frenzel, Ueber die Mitteldarmdrüse der Crustaceen. *Mittheilung aus der Zoolog. Station zu Neapel.* Bd. 5. S. 50. Tafel IV.

[2] (3) Ders. Einiges über den Mitteldarm der Insecten etc. *Archiv f. mikrosk Anatomie.* Bd. 26. S. 229 ff. Tafel VII—IX.

[3] (4) Fr. v. Leydig, Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Thiere. Bonn 1883.

[4] (5) Joh. Frenzel, Ueber den feineren Bau des Wimperapparates. *Archiv für mikrosk. Anatomie.* Bd. 28. S. 53 ig. Taf. VIII.

Digitized by Google

Der Inhalt dieser Cylinderzellen ist ein differenzirter, wie man es am besten am frischen Praeparate sehen kann. Es sind hier ähnlich wie bei den Insecten, was weiterhin noch zu zeigen ist, zwei Zonen ausgebildet, die allerdings in einander übergehen. Im oberen, dem Darmlumen zugekehrten Theile der Zelle liegen nämlich dichtgedrängt zahlreiche kleine gelbliche Krümelkügelchen (vergl. Taf. IV, Fig. 6), welche nach unten, nach dem Kerne zu, spärlicher werden, um — noch in einer gewissen Höhe über dem Kern, welcher nach der Basis zu liegt — gänzlich zu verschwinden. Um den Kern herum und unterhalb desselben wird die Zelle von einem körnigen Plasma ausgefüllt, welches über dem Kerne noch einen leicht gelblichen Schein hat. Ob man es hier mit einem secretorischen Producte der Zelle zu thun habe, oder nicht, soll erst weiter unten erörtert werden.

Im conservirten Praeparate ist die gelbe Körnelung gänzlich verschwunden, bezw. durch den angewendeten Farbstoff, Haematoxylin und Carmin, überdeckt. Man sieht auch hier zwei Zonen innerhalb der Zelle, von denen die obere das Haematoxylin ganz intensiv aufnimmt, intensiver fast als die chromatische Substanz der dazu gehörigen Kerne. Erstens ist sie diffus und heller gefärbt, dann enthält sie kleine, gleich grosse Körnchen, die sich in der angegebenen Weise sehr distinct und scharf tingiren. Sie stellen also eine ähnliche pseudochromatische Substanz dar, wie ich sie bereits früher im Darme von Insecten[1] beschrieben hatte und wie sie weiter unten noch einmal besprochen werden soll. Ich kann nun leider nicht entscheiden, ob diese pseudochromatischen Körnchen den oben genannten gelben Krümelkügelchen völlig entsprechen, oder ob sie vielleicht nur Theile, deren Centrum etwa, vorstellen. Jene Krümelchen waren nämlich doch etwas grösser und nicht so scharf kreispunktartig umschrieben. In einem indessen stimmen beiderlei Gebilde völlig überein, nämlich in ihrer nach der freien Oberfläche der Zelle um vieles gedrängteren Anordnung, so dass sie nach dem Inneren der Zelle hin spärlicher werden und zerstreut liegen. In unserem Praeparate bilden sie freilich nur eine schmale Zone; doch kann, wie wir später noch hören werden die Anhäufung des farbigen Inhalts in diesen Zellen mannichfach differenzirt sein.

Gerade wie im lebenden Zustande, so erscheint auch nach der Conservirung der übrige Zellinhalt mehr oder weniger feinkörnig. Er tingirt sich schwach mit Haematoxylin wie mit Carmin, bei Doppelfärbungen jedoch mehr mit letzterem, während die pseudochromatischen Körner eine grössere

[1] l. c. (3) S. 254 etc. Taf. XVIII. Fig. 17 etc. und l. c. (6) S. 170. Taf. IX. Fig. 13 und 27.

Digitized by Google

Neigung zum Haematoxylin haben und sich mit Carmin fast gar nicht färben lassen, und während die Zellkerne — und dadurch unterscheiden sich jene Gebilde von diesen — sich ebenso gut mit Carmin färben und bei Doppelfärbungen einen mehr violetten Ton annehmen.

Der Kern, dem wir uns jetzt zuwenden, liegt stets in der unteren Zellhälfte, aber nicht dicht an der Basis, sondern von dieser etwa um seinen eigenen Längsdurchmesser entfernt. Er ist nur wenig schmäler als die Zelle und hat die Form einer Ellipse, wenn er nicht vielleicht durch benachbarte Zellen gequetscht, seine Gestalt etwas verändert hat. Im Gegensatz zu den Kernen der wandernden Secretzellen färbt er sich stark und fast diffus mit Carmin, sowie mit Haematoxylin, lässt dann aber noch kräftiger gefärbte Partikel erkennen, die sowohl seiner Membran wie seinem Gerüste angehören. Ohne Zweifel besteht er zum grössten Theile aus chromatophiler Substanz, wenn sich hier nicht vielleicht auch der „Kernsaft", bezw. das Achromatin mitgefärbt haben.

Dicht an der Basis des Epithels fallen mehr kugelige Kerne auf und solche von Biscuitform. Im übrigen stimmen sie hinsichtlich des Aussehens mit den soeben gekennzeichneten Kernen überein und färben sich vor Allem ganz wie diese. Mitosen sind durchaus nicht wahrzunehmen, so zahlreich auch jene Doppelkerne etc. sind. Andererseits bemerkt man in verschiedenen Höhen des Epithels stets einzelne Kerne, oft dicht unter seiner Oberfläche. Zwar nicht bei Holothuria selbst, dagegen bei anderen Echinodermen (Ophioglypha albida Taf. IV, Fig. 7) habe ich nun am überlebenden Darmstücke das Auswandern solcher Epithelzellen aus dem Epithel in das Darmlumen hinein verfolgen können. Es möchte daher keinem Zweifel unterliegen, dass derselbe Vorgang sich auch hier abspiele, nämlich dass von den langen Cylinderzellen stets welche mitsammt dem Kerne zu Grunde gehen, um von der Basis des Epithels aus durch neue ersetzt zu werden, gerade so wie ich dies seiner Zeit für den Mitteldarm der Decapoden[1] etc. behauptet hatte. Es müssten mithin auch hier die biscuitförmigen Doppelkerne für Kerntheilungen angesehen werden. Ich würde hier, wenn Mitosen fehlen, von einer amitotischen Kernhalbirung sprechen, ähnlich der nucleolären Kernhalbirung, über die ich an anderer Stelle[2] zu berichten hatte, und es würde hier ein neuer Fall von amitotischer Epithelregeneration vorliegen.

Sobald wir nach der Bedeutung dieses Epithels fragen, ist das Zugrundegehen dieser Zellen, auch wenn es nur in beschränktem Maasse

[1] (6) Joh. Frenzel, Ueber den Darmkanal der Crustaceen nebst Bemerkungen über Epithelregeneration. *Archiv für mikrosk. Anatomie.* Bd. 25. S. 137 fg.

[2] (7) Ders., Die nucleoläre Kernhalbirung, ein Beitrag zur Kenntniss des Zellkernes und der amitotischen Epithelregeneration. *Archiv f. mikr. Anat.* Bd. 39. S. 1 fg.

Digitized by Google

stattfinden sollte, von hervorragendem Interesse. Sollten die Zellen nämlich bloss secretorisch thätig sein, so hätte dieser Vorgang ja nichts Auffälliges an sich, und man könnte sich recht wohl vorstellen, dass sie wie die Einen wollen, mehrmals secerniren, um dann abzusterben, oder, was mir hier wahrscheinlicher dünkt, dass sie ein gewisses Maass von lebendem Plasma mit auf den Weg bekommen, welches sie zum Secret verarbeiten und ausstossen, womit ihre Thätigkeit völlig beendet ist. Ueberlegt man sich aber, dass diese Cylinderzellen vielleicht auch absorbiren, so wird die Frage viel complicirter; denn von absorbirenden Zellen sollte man doch wohl erwarten können, dass sie erhalten bleiben.

Indem wir späterhin noch wiederholt auf diese Verhältnisse zurückgreifen wollen, sei nun zu denjenigen Bestandtheilen des Epithels übergegangen, die als typische Secret- bezw. Fermentzellen anzusehen sind.

Hamann hat die in Frage stehenden Zellen bereits gesehen und Drüsenzellen genannt. Nach meiner Ansicht wäre es indessen gut, den Ausdruck „Drüse" bezw. „einzellige Drüse" auf bestehen bleibende Gebilde anzuwenden. Unsere Zellen aber haben das Eigenthümliche, dass sie fort und fort auswandernd zu Grunde gehen, in viel höherem und unzweifelhafterem Maasse als die Cylinderzellen.

Es giebt Strecken im Darm der Holothurie, welche nur wenige wandernde Zellen führen; andere Strecken hingegen sind von ihnen ganz vollgepfropft, so dass die Cylinderzellen stark verdrängt werden. Dies ist namentlich im vorderen Theile des Mitteldarms der Fall. In mittleren Theilen halten sich die beiderlei Epithelelemente ungefähr das Gleichgewicht, wie Fig. 2 auf Taf. III darstellen soll.

Die wandernden Fermentzellen trifft man in jeder Höhe des Epithels und zwar in etwa der gleichen Anhäufung und Vertheilung, woraus man schon ohne Weiteres den Schluss ziehen kann, dass sie in gleichem Maasse verbraucht und ersetzt werden.

Die äussere Gestalt dieser Gebilde ist etwa eine eiförmige, aber stets wechselnde, bewirkt durch eine Art von Kriechbewegung, welche, später noch genauer zu besprechen, an die einer Amoeba guttula oder A. limax erinnert, nämlich ohne eigentliche Pseudopodienbildung. Um einen gröberen Vergleich zu machen, würde man an die Kriechbewegung einer Wegschnecke (Arion oder Limax) zu denken haben. Wo ein Widerstand zu überwinden, wird der nach vorn gerichtete Pol der Zelle bald spitz, bald aber verbreitert er sich, wie um die übrige Zellmasse nach sich zu ziehen. So schiebt sich die Zelle allmählich von der Basis des Epithels nach dessen Oberfläche hin vor, um hier in das Darmlumen zu gelangen, wo, nach einem Analogieschluss, eine Auflösung erfolgt. Es möchte mithin doch mehr als wahrscheinlich sein, dass diese Zellen ein Verdauungssecret liefern. Zwar

Digitized by Google

könnte man sie auch nach ihrem Aussehen für Plasmazellen halten, von denen ja bekannt ist, dass sie wie Leucocyten der Wirbelthiere in fremde Gewebe einwandern. Es kann in der That vor der Hand nicht bestritten werden, dass hier wirkliche Plasmazellen mit ihnen vergesellschaftet sein mögen. Die Art und Weise jedoch, wie unsere Zellen entstehen, lässt kaum noch einen Zweifel an obiger Deutung aufkommen. An der Basis des Epithels sehen wir schon junge Cylinderzellen; es finden sich hier nun auch junge Wanderzellen, deren Kerne man häufig in Theilung begriffen sehen kann, die hier ebenfalls eine amitotische zu sein scheint. Diese Basalkerne, oft etwas grösser als die der fertigen Zellen scheinen sich ebenfalls genau zu halbiren. Jeder Kern besitzt einen fast centralen grossen Nucleolus und qei jedem Theilstück gilt nachher dasselbe. Der Kerntheilung geht also eine Verdoppelung des Nucleolus voran, ganz so, wie ich es von der Mitteldarmdrüse des Carcinus maenas dargestellt habe (nucleoläre Kernhalbirung). Die Kerne der wandernden Zellen sind ganz erheblich grösser als die der Cylinderzellen. Während die der letzteren sich ferner sehr kräftig tingiren, so bleiben die ersteren sehr hell und nur die membranartige Umgrenzung des Kernes sowie sein Netzwerk, das nach Alkoholbehandlung auch hier aus aneinandergereihten Körnchen[1] besteht, sowie der Nucleolus färben sich sehr prägnant. Der grössere Theil, sowohl des sich theilenden wie des fertigen Kernes, die sonst in ihrem Aussehen ganz übereinstimmen, nimmt keine Farben (Carmin oder Haematoxylin) auf. Es ist eine beachtenswerthe Eigenthümlichkeit bei diesen Fermentzellen, dass der Kern auch im weiteren Verlauf seine normale Beschaffenheit behält. Weder vergrössert er sich, noch schrumpft er so stark zusammen, wie ich es früher in der Mitteldarmdrüse der Decapoden beschrieben hatte.

Nach der Conservirung nimmt der Inhalt unserer Zellen eine diffuse, trübe Beschaffenheit an und färbt sich ziemlich gleichmässig und etwas intensiver als derjenige der Cylinderzellen. Auf diese Weise lassen sich die beiderlei Gebilde recht gut von einander unterscheiden. Man kann ferner im Querschnitt des Darmes ab und zu an der Oberfläche des Epithels eine Lücke entdecken, die eine Zelle markirt, welche gerade auswandern wollte, als der Tod sie ereilte und fixirte.

Würden unsere Zellen nun Plasmazellen sein, so wäre nicht einzusehen, warum diese sich erst noch an der Basis des Epithels theilen sollten. Die ganze Erklärung hätte etwas gekünsteltes, und es genügt vollständig unsere Zellen von Mutter- oder Keimzellen abzuleiten, welche sich fort und fort theilend, stets den Bedarf an neuen Zellen produciren, gerade so wie es in ähnlichen Organen der Fall ist, nämlich in der schon oft genann-

[1] Vergl. l. c. 7. S. 5. Taf. I. Fig. 1, 2, 9, 10, 11.

Digitized by Google

ten Mitteldarmdrüse der Decapoden oder im Mitteldarm der Raupen und anderer Insecten.[1]

Die übrigen Gewebe des Holothuriendarmes haben für uns ein geringes Interesse. Erwähnt sei hier, dass das unter dem Epithel liegende Bindegewebe reich an Hohlräumen oder Lacunen ist, die möglicherweise zur Aufnahme der absorbirten Stoffe dienen. Die Absorption selbst werden wir vorläufig in die Cylinderzellen verlegen müssen, wie weiter unten noch zu besprechen ist, auf keinen Fall indessen in die wandernden Zellen, denn diese wandern wirklich aus dem Epithel aus und kehren nicht etwa schwer beladen zu dessen Basis zurück, wie man vielleicht wohl vermuthen möchte.

Das Bindegewebe wird als fibrilläres anzusprechen sein, mit lockeren Fibrillen und eingestreuten Kernen, nicht unähnlich dem des Darmcanals der Crustaceen.[2] Nervöse Elemente dürften nicht fehlen; an der Hand meiner Praeparate aber bin ich nicht im Stande gewisse Gebilde daraufhin zu deuten. Unverständlich muss mir, wie schon erwähnt, indessen die Darstellung Hamann's bleiben.

Die Ausbildung des Bindegewebes ist eine schmächtige. Nach aussen lagern sich ziemlich dicke, glänzende, straffe Fasern an, im Querschnitt deren 3 bis 5, welche ab und zu, namentlich an der Mitte einer Wulstbasis, nach innen, d. h. nach dem Epithel zu umbiegen. Sie nehmen wenig Haematoxylin, dagegen Carmin sehr intensiv auf und unterscheiden sich bei Doppelfärbung sofort von obigem Bindegewebe, das bläulich bleibt. Mir ist nichts wahrscheinlicher, als dass diese Fasern musculöse Elemente vorstellen, deren der Holothuriendarm doch nicht ganz entbehren kann, und die nicht gut an einer anderen Stelle des Praeparates zu suchen sind. Sollte die Deutung jedoch keine richtige sein, so wäre zunächst an elastische Fasern zu denken, die ja auch bei Wirbelthieren gerne Carmin aufnehmen, am wenigsten aber an nervöse Gebilde; denn so sehen diese für gewöhnlich nicht aus.

Es folgt nun nach aussen hin ein niedriges Cylinderepithel, das als eine Serosa die äussere Oberfläche des Darmes, d. h. die der Leibeshöhle zugekehrte überkleidet.

Der Darmcanal von Cucumaria Planci bietet ähnliche Verhältnisse wie der von Holothuria dar. Für C. cucumis gab Hamann an, dass er in dieselben Abschnitte wie bei Synapta zerfalle. Das Epithel des Oesophagus fand er sehr dunkel pigmentirt; Drüsen vermisste er hier vollständig, und nur im „Dünndarm" traf er zwischen den langgestreckten Cylinderzellen

---

[1] l. c. 3, 6 und 7.

[2] l. c. 6. S. 157 fg. und Tafel VIII. Fig. 11 etc.

Digitized by Google

gelbe Ballen mit gekörntem Inhalte an (l. c. 1. Taf. III, Fig. 41), ohne sich über deren Natur eingehender auszulassen.

Bei C. Planci constatirte ich meist einen helleren Mitteldarm. Mehr vorne, und wohl auch in der Region des Vorderdarmes enthält das hohe Cylinderepithel farblose Wanderzellen ganz ähnlich, wie wir sie bei Holothuria antrafen. Ihr Aussehen ist das der sog. „Plasmazellen", und ihr Inhalt besteht aus gleichgrossen, gedrängten, ziemlich grossen Kugeln, die völlig homogen erscheinen und einen trüben Glanz haben. Im optischen Schnitt mochten deren etwa 20 bis 25 liegen.

Weiter hinten im Mitteldarm konnte ich solche Zellen nicht auffinden, dagegen andere, die den „gelben Ballen" Hamann's entsprechen. Ziemlich gross, sind sie zwischen die langen Cylinderzellen eingestreut. Ihr Inhalt besteht aus gelben Kugeln, welche sich zunächst ohne Schrumpfung mit Osmiumsäure leicht bräunen, d. h. lange nicht so intensiv wie Fett. Dann werden sie auch etwas eckig. Sie lösen sich nicht in Fettlösungsmitteln. Nach neuer Auffassung dürften es daher Fermentzellen sein, wie es ja seit M. Nussbaum auch bekannt ist, dass sich der Inhalt vieler Fermentzellen mit Osmium bräunt.

Ein Ueberblick über die Holothurien zeigt, dass ihr mittelster Darmabschnitt stets wenigstens zweierlei Epithelemente führt, nämlich meist langgestreckte Cylinderzellen, gefüllt mit kleineren gelblichen oder bräunlichen Kügelchen, und zweitens wandernde Fermentzellen von mehr rundlicher Gestalt, die bei Synapta intensiv rothe Kugeln, sonst mattere, farblose oder bräunliche Einschlüsse von Tropfenform führen. Während wir diese letzteren Epithelelemente als unzweideutige Secret- bezw. Fermentzellen ansehen dürfen, können wir über die Natur der Cylinderzellen noch kein klares Bild gewinnen, obgleich auch von ihnen feststeht, dass sie secretorisch thätig sein können. Da im Darmcanal aber doch eine Absorption stattfinden muss, andere Elemente indessen, die diese übernehmen könnten, fehlen, so bleibt wohl kaum etwas anderes übrig als die Annahme, dass jene Cylinderzellen zu Zeiten wenigstens auch absorbirend thätig sind.

Die Seeigel.

Hinsichtlich des feineren Baues des Darmcanals stehen unter den Echinodermen die Seeigel den soeben besprochenen Seegurken am nächsten, weshalb sie hier angereiht werden mögen.

Bei den regulären Seeigeln unterschied Hamann[1] am Darm vier verschiedene Abschnitte: Schlund, Magendarm, Dünndarm und Enddarm,

[1] (8) O. Hamann, *Beiträge* etc. Heft 3. Echiniden u. Spatangiden. Jena 1887.

Digitized by Google

und am Dünndarm entlangziehend ausserdem den Nebendarm. Im Oesophagus (Schlund) unterschied er zweierlei Epithelelemente, nämlich haarartig dünne Cylinderzellen und flaschenförmige, mit glänzenden Körnchen gefüllte Drüsenzellen, ferner eine dritte Art von Zellen mit feingranulirtem Inhalt und endlich Ersatzzellen, die noch nicht die Oberfläche des Epithels erreichen. Bei Sphaerechinus sah Hamann sodann Pigmentzellen, die sich langsam zwischen den Epithelzellen bewegen. Von welcher Farbe dieselben sein sollten, ist nicht ersichtlich.

Als besonders drüsenreich bezeichnet Hamann den „Magen", wo nach seiner Meinung die Drüsen in den Furchen des Epithels liegen („Schleimdrüsen"). Dünn- und Nebendarm stimmen weiterhin sehr überein, besitzen indessen keine besonderen Drüsenzellen. Die Cylinderzellen hingegen sind körnig und schwärzen sich mit Osmium. Behufs der Secretion endlich soll sich der vordere birnförmige Zelltheil abschnüren und ins Lumen gelangen, um — dies ist schwer verständlich — die kugeligen Excrementballen zu bilden.

Von regulären Seeigeln benutzte ich hauptsächlich Toxopneustes (Sphaerechinus) lividus, also dasselbe Object wie Hamann. Uebereinstimmend mit diesem traf ich im Vorderdarm dreierlei Zellelemente an, nämlich erstens die ziemlich blassen Cylinderzellen, ferner rothe Wanderzellen und endlich — am zahlreichsten und die letzteren theilweise ganz verdrängend — eine dritte Art von Zellen, welche den farblosen wandernden Elementen ganz gleichen, die wir bereits im Darm von Holothuria festgestellt hatten und die eine grosse Aehnlichkeit mit Plasmazellen haben. Verfolgt man den Darmcanal mehr nach hinten, so verschwinden sie mehr und mehr, um in demselben Grade den rothen Wanderzellen Platz zu machen, die man sodann einzig und allein zwischen den Epithelzellen antrifft.

Die blassen Wanderzellen des Vorderdarms sind klumpig, birn- oder keulenförmig. Sie sind völlig erfüllt von farblosen, trüben, mässig glänzenden Kugeln von übereinstimmender Grösse, deren Anzahl im optischen Schnitte etwa 35 bis 45 beträgt. Im vordersten Theile des Darmes, dem Schlund, sind diese Zellen besonders reichlich, sodass hier die Darmwand eine entsprechend helle Farbe hat, die nachher mit dem Auftreten der rothen Zellen, eine mehr fleischfarbene wird, so wie bei Synapta, wenn das Pigment der Cylinderzellen nicht zu sehr überwiegt.

Durch den grössten Theil des Darmes hindurch, mit Einschluss des Enddarmes, sind die rothen Zellen nirgend zu vermissen und stellenweise überaus häufig (Taf. III, Fig. 2). Um sie zu studiren ist es indessen rathsam, ein mehr vorderes Darmstück zu präpariren. Man kann dann ihr Aufsteigen zwischen den langen Cylinderzellen sehr schön und anhaltend

Digitized by Google

beobachten. Fig. 1 auf Taf. IV. stellt eine solche Zelle in verschiedenen Phasen des Wanderns dar, die schnell genug verliefen, um bei ca. 600facher Vergrösserung als wirkliche Bewegungserscheinung wahrgenommen zu werden. Es schob sich bei diesem Vorgang in der Regel erst ein kleiner Fortsatz vor, gross genug, um erst eine der rothen Kugeln aufzunehmen. Ihr folgten sodann eine oder zwei nach, wodurch sich der Fortsatz verlängerte und an seiner Basis auch verbreiterte. Eine weitere Verlängerung fand dann nicht mehr statt, sondern nur noch — unter stetem Nachschieben von Kugeln — eine Verbreiterung des gesammten Fortsatzes (1 *e*), bis er eins mit dem Zellleibe wurde (*f*). Während so der vordere Pol der Zelle allmählich anschwoll, wurde ihr hinterer Pol schmächtiger, indem von hier aus die rothen Kugeln continuirlich nach vorne hin verschoben wurden. So gelangte die beobachtete Zelle immer mehr nach der Oberfläche des Epithels hin, um diese endlich zu erreichen, sie zu überragen und gänzlich zu verlassen, indem sie sich zwischen dem Darminhalte verlor, wo sie vermuthlich in Lösung ging.

Da der Darmcanal Fermente gebraucht, die irgendwo secernirt werden müssen, besondere, secretorische Anhangsdrüsen demjenigen der Echinodermen jedoch fehlen, so muss man offenbar die Fermentbildung ausschliesslich in der Darmwandung suchen. Da die Fermente ferner in secretorischer Weise in das Lumen des Darmes geschafft werden müssen, so liegt kein Schluss näher, als die weiter oben und hier beschriebenen beiderlei Wanderzellen für Fermentzellen anzusprechen. Zwar könnte man vielleicht meinen, dass die farblosen Wanderzellen des Vorderdarmes wohl zur Fermentbildung genügen möchten. Die rothen Zellen überwiegen an Anzahl jedoch so bedeutend, dass man auch ihnen eine hervorragende Function zuschreiben muss, die kaum eine andere als eine fermentative sein kann. Da sie einen so intensiven Farbstoff führen, so könnte man sie allerdings noch als excretorische Apparate, ähnlich der Leber der Wirbelthiere ansprechen. Ich glaube aber bereits früher an der Mitteldarmdrüse der Mollusken[1] gezeigt zu haben, dass der Gehalt an Farbstoff resp. die Secretion eines solchen nichts mit einer Leberfunction zu thun hat, wie ja auch zu bedenken ist, dass diese nur dort einen Sinn hat, wo rother Blutfarbstoff vorhanden, welcher sich seinerseits in die typischen Gallenfarbstoffe umwandeln kann. Für die Echinodermen ist nun noch von besonderer Wichtigkeit, dass die anderen Epithelelemente, nämlich die langen Cylinderzellen oft, wenn nicht mit Vorliebe, viel intensiver pigmentirt sind und zwar in einer Weise, die mehr an Gallenfarbstoffe erinnern würde, nämlich mit brauner Farbe (Taf. IV. Fig. 6 und 7). Dennoch bin ich, um

[1] (9) Joh. Frenzel, Mikrographie der Mitteldarmdrüse (Leber) der Mollusken. I. Theil. Nova Acta d. ksl. Leopold.-Carol. *Deutschen Akad.* etc. Bd. 48. Nr. 2. p. 81 fg.

Digitized by Google

es schon hier zu sagen, durchaus nicht geneigt, diesen Zellen etwa die Function einer Leber zuzuertheilen.

Der Inhalt der rothen Zellen ist hier derselbe wie bei Synapta. Er besteht aus zahlreichen gleichgrossen und sonstwie ganz gleichartigen Kügelchen, die einen mehr halbfesten Eindruck machen. Im optischen Schnitt mochten es ca. 30 bis 40 sein. Die Farbe, in allen Zellen eine völlig übereinstimmende, liegt zwischen Zinnober- und Ziegelroth und dürfte wohl dem Scharlach-Vermillon nahe stehen. Sie kommt einzig und allein den Kugeln zu, während das Plasma völlig farblos und hyalin wie Wasser ist. Die Kugeln füllen zwar die Zelle aus; sie quetschen sich jedoch nicht, sondern selbst bei dem gegenseitigen Vorbeischieben bewahren sie ihre Gestalt, weshalb man ihnen schon eine gewisse Festigkeit zuerkennen muss, da Flüssigkeitstropfen sich gegenseitig abplatten würden. Der rothe Farbstoff verschwindet in Alkohol mit der Zeit völlig, und auch die Kugeln sind im Einzelnen im Schnittpraeparate nicht mehr erkennbar.

Ueber das Plasma der rothen Zellen bin ich nicht im Stande, viel auszusagen. Es ist, wie schon erwähnt, im lebenden Zustande ganz hyalin und structurlos, ferner ist es ziemlich stark lichtbrechend.

Der Kern liegt meist in der hinteren Hälfte der annähernd länglich-eiförmigen Zelle, wo er als heller, hyaliner Fleck durch die rothen Kugeln hindurchschimmert. Beim Wandern der Zelle schiebt er sich wohl auch etwas vor, wurde aber niemals höher als in halber Höhe angetroffen, wo er mehr oder weniger central, d. h. von den Seitenwänden gleichweit entfernt lag.

Wenn diese rothen Zellen, wie dargestellt, aus dem Epithel verschwinden, so müssen sie wieder ersetzt werden, was nun thatsächlich wie an anderen Orten an der Basis des Epithels geschieht. Man könnte vorerst auch hier wieder glauben, es mit Wanderzellen zu thun zu haben, welche von der Leibeshöhle oder von den Gefässen her einwandern. Allein trotz vielfachen Suchens ist es mir nicht geglückt, derartige Zellen in anderen Geweben des Seeigels nachzuweisen. Sie gehören mithin der Darmwandung specifisch an. Schon die Untersuchung eines überlebenden Praeparates lehrt ferner, dass unsere Zellen gerade so entstehen, wie die im Darm von Holothuria kennen gelernten farblosen (Schleim-)Zellen. Am Grunde des Epithels sind nämlich zahlreichere, kleinere Zellen gelagert (Taf. IV, Fig. 2), die ohne Frage ein Keim- oder Mutterepithel darstellen. Vielleicht findet sodann auch hier eine amitotische Kerntheilung statt, die freilich wegen der grossen Kleinheit der in Rede stehenden Objecte schwer zu erweisen sein dürfte. Jedenfalls aber habe ich in keinem meiner Schnittpraeparate Mitosen erblicken können.

Digitized by Google

Liegen auch an der Basis des Epithels mehr rothe Zellen, so sieht man sie doch zahlreich an allen Stellen des Epithels. Ihr Verbrauch sowohl wie ihr Wiederersatz scheint ein sehr lebhafter zu sein. Nur der Hungerzustand dürfte eine Ausnahme machen. Ich liess nämlich einen Seeigel hungern, worauf er nach vier Tagen starb. Eine Nachforschung ergab sodann, dass die rothen Zellen viel spärlicher vorhanden waren (Taf. IV, Fig. 6). Wenn mithin kein Bedarf an ihnen vorliegt, so wird ihre Secretion ganz bedeutend hintangehalten, ohne jedoch gänzlich zum Stillstand zu kommen, denn ich sah in einem überlebenden Darmstück eines verhungerten Seeigels noch das Wandern der rothen Zellen.

Das eigentliche Darmepithel wird von oft sehr langgestreckten Cylinderzellen gebildet, deren Charakteristicum in ihrem bräunlichen Inhalt beruht. Der Oesophagus ist in der Regel sehr hell, schon deswegen, weil er, wie bereits gezeigt, zahlreiche farblose Wanderzellen beherbergt. Es kann aber auch bei manchen Individuen der gesammte Darm hellfarbig sein, während er gewöhnlich braun, oft ganz dunkel, zuweilen sogar schwarz aussieht. Diese Färbung rührt zum Theil von dem Epithelfarbstoff, zum Theil aber auch von krystallisirten und körnigen Pigmentanhäufungen an der Basis des Epithels her. Sie ist ferner keine gleichmässige, und es können ganze Strecken des Darmes heller oder dunkler sein, ohne dass sich eine Ursache dafür angeben liesse. Man kann nur noch feststellen, dass diese Verschiedenartigkeit theilweise auf einer Pigmentirung des Epithels beruht (Fig. 6). Bei dem verhungerten Seeigel sah ich ebenfalls ein sehr helles Epithel, ohne angeben zu können, ob dieses Verhältniss mit dem physiologischen Zustand in innigster Beziehung steht oder nicht.

Je länger unsere Cylinderzellen, um so dünner sind sie, bis sie schliesslich fadenförmig werden, wie schon Hamann bemerkte. Der Kern ist dann gleichfalls schmal und länglich. Die freie Oberfläche dieses Epithels ist bewimpert (Taf. IV, Fig. 6) und zwar in Gestalt längerer, sehr feiner Flimmerhärchen, welche dem Epithel unmittelbar aufzusitzen scheinen. Ich fand wenigstens weder Fussstäbchen noch Knöpfchen und dergleichen zwischen den Wimpern und der Zellbegrenzung.

Während wir bei der Holothurie gesehen hatten, dass die Cylinderzellen nur zum Theil bis zur Basalbegrenzung oder andererseits bis zur freien Oberfläche reichen, so ist hier der Sachverhalt ein etwas verschiedener und ähnlich so wie bei Ophioderma (Taf. III Fig. 1). Die auch hier basal liegenden Kerne befinden sich nämlich alle so ziemlich in einer und derselben Höhe und nur verhältnissmässig wenige sind nach der freien Oberfläche hin gerückt. Hieraus könnte man, so glaube ich, den Schluss ziehen, dass beim Seeigel erheblich weniger von den Cylinderzellen verbraucht werde und dass sie entweder längere Zeit thätig sind, oder sich langsamer

Digitized by Google

entwickeln. Ausserdem erblickt man nun, und zwar etwa in derselben Spärlichkeit, dicht über der basalen Begrenzung des Epithels und etwas höher hinauf bis zur eigentlichen Kernzone, Kerne, die theils den Mutterzellen, theils jungen, heranwachsenden Zellen angehören. Mitosen habe ich auch hier nicht gesehen.

Der Inhalt der Cylinderzellen ist immer bräunlich, aber bald sehr hell, bald sehr dunkel. Die Zellen des Oesophagus sind, wie schon erwähnt, fast immer arm an Pigment (etwa wie in Taf. IV, Fig. 2). Die des übrigen Darmes hingegen sind beträchtlichen Schwankungen unterworfen, für die sich keineswegs eine Regel aufstellen lässt. Sie mögen theils rein individuell sein, theils auf bestimmtere physiologische Zustände zurückgeführt werden. So war bei einem Individuum der Darm braunroth bis schwarz, bei einem anderen der ganze Darm fast fleischfarbig mit eingestreuten dunkleren Stellen, bei einem verhungerten endlich durchgängig hell rothbräunlich. Nun rührt zwar diese Färbung zum beträchtlichen Theil von Pigmentanhäufungen an der Basis des Epithels her, wie noch zu zeigen ist. Die Zellen selbst aber wirken dabei in ganz unverkennbarer Weise mit, so weit es sich wenigstens um mittlere Farbentöne, der Terra di Siena entsprechend, handelt, welche dem Zellinhalt eigentlich zukommen (Fig. 6). Dieser scheint nun aus zweierlei Pigmentelementen zu bestehen, nämlich erstens aus einer diffusen hellen, mehr gelblichen Masse, und zweitens aus kräftiger gefärbten Körnchen. Erstere sieht man im Epithel des Oesophagus, und zwar meist ausschliesslich; die letzteren hingegen kommen den Zellen des übrigen Darmes zu. Die diffuse Färbung ist keine ganz gleichmässige, denn der Fusstheil der Zellen ist fast ganz farblos und das freie Ende oft recht kräftig braun, sich nach dem Kerne hin allmählich abtönend. Dementsprechend ist weiterhin auch die Anordnung der Körner. Sind diese nämlich klein, so häufen sie sich am oberen Zelltheil an, nach unten, dem Kerne zu, immer spärlicher werdend (Fig. 6*a*); sind sie grösser, so liegen sie zumeist auch dichter und erfüllen einen grösseren Theil des Zellleibes (Taf. IV, Fig. 6*b*).

Recht merkwürdig ist die verschiedene Ausbildung der Körner und noch merkwürdiger ist es, dass im Epithel eine Strecke vorhanden sein kann, wo die Körner klein, blass und spärlich sind, worauf eine Strecke mit grossen, braunen Körnern folgt, wie Fig. 6, Taf. IV. darstellt. Dabei ist noch zu bemerken, dass sich dies auf grosse Strecken des Darmes bezieht, und dass innerhalb jeder derselben die Zellen unter sich sämmtlich von gleichem Aussehen sind.

Der braune Farbstoff der Zellen wird im Gegensatz zu dem der Pigmentanhäufungen ausserhalb derselben durch Alkohol, wenn auch langsam extrahirt. Gewebsstücke, welche mehr als fünf Jahre in Alkohol gelegen

Digitized by Google

hatten, zeigten immer noch braune Zellen. Die Körner tingiren sich, wenn auch nicht kräftig, mit Carmin oder Haematoxylin.

Der Kern dieser Zellen ist basal gelagert. Er ist kugelig bis oval, nach unten hin oft spitzer. Sein Aussehen ist ein gewöhnliches, d. h. er hat eine Begrenzungsschicht und ein Netzwerk, was beides sich kräftig tingirt, während das Uebrige farblos bleibt. Im lebenden Zustand ist er schwer zu sehen. Auch kann ich nicht mit Sicherheit sagen, ob er einen Nucleolus besitzt. Es scheint fast so.

Das Epithel des Darmes von Toxopneustes ist in grossen, unregelmässigen Wülsten angeordnet, zwischen denen die Furchen als schmale, scharfe Einschnitte hinziehen (Taf. III, Fig. 4), ähnlich wie bei Holothuria.

Schon mehrfach ist auf die Pigmentanhäufungen in der Darmwand hingewiesen worden. Sie liegen theils ausserhalb des Epithels im Bindegewebe (Taf. IV, Fig. 2), theils schieben sie sich ins Epithel vor, oft, wenn auch als schmale Streifen, bis zu halber Höhe desselben. Sie setzen sich aus zweierlei Elementen zusammen, nämlich aus feinen und grobkörnigen Gebilden und aus Krystallen. Ebenso ist ihre Farbe eine zweifache, derjenigen der Zellen entsprechend. Ein Theil der Körner und Krystalle ist nämlich intensiv roth, ein anderer Theil braun; doch sind die braunen Krystalle ziemlich hell (Terra di Siena), während die Körner bis schwarzbraun werden können. Sie sind es also, welche der Darmwand eine so dunkle Färbung verleihen können.

Das Pigment ist meist in grossen kugeligen Klumpen angehäuft, doch können namentlich die Krystalle auch einzeln liegen. Der rothe Farbstoff wird wie derjenige der entsprechenden Zellen leicht durch Alkohol extrahirt, der braune indessen, namentlich der Krystalle, ist sehr resistent und sogar unlöslich. Gelbbraune Krystalle waren noch massenhaft nach fünfjähriger Conservirung in Alkohol zugegen. Die Krystallisationsform ist ausschliesslich eine völlig regelmässig kubische. Die Grösse der Krystalle ist aber eine ganz verschiedene. Oft sieht man in ihnen eine deutliche, den Oberflächen parallele Schichtung.

Es liegt auf der Hand, diese Pigmentanhäufungen mit den Farbstoffen des Epithels in Beziehung zu bringen und sie als dessen Lieferanten zu betrachten. Erwägen wir indessen die Thätigkeit und Bedeutung des Epithels, so werden wir dies jedoch nicht als unbedingt erwiesen annehmen dürfen. So wahrscheinlich es nämlich ist, dass die Wanderzellen als secretorische Apparate fungiren und von jenen Anhäufungen ihren Farbstoff empfangen, so wenig Positives können wir noch von den Cylinderzellen sagen. Offenbar hat allerdings der Analogieschluss die grösste Berechtigung, nach dem auch ihr Farbstoff von jenen Anhäufungen herrühre. Dann müssten wir die braunen Körner und Krümel ebenfalls für ein Secret, für

Digitized by Google

ein Ferment, ausgeben. Nun aber müssen wir hier gleichfalls wieder nach den absorbirenden Elementen suchen, für welche doch nur die Epithelcylinderzellen betrachtet werden könnten. Der Oesophagus ist blass, weshalb man sagen möchte, er absorbire nicht; dies geschehe vielmehr erst im Mitteldarm und es wäre nicht undenkbar, dass der braune Inhalt seines Epithels als resorbirte Nahrung zu betrachten sei. Ich wüsste allerdings nicht irgend etwas als Stütze dieser Ansicht aufzuführen. Schon der Umstand wäre geradezu verblüffend, dass das Absorbirte in den Zellen sofort sollte in festerer Form niedergeschlagen werden; denn dies würde doch gar zu sehr unseren Ansichten von der Verdauung widersprechen, da diese eben das Feste flüssig zu machen hat. Die absorbirten Substanzen sollen ja auch gar nicht in den Epithelzellen verbleiben, sondern vielmehr durch sie hindurch in die Chylusräume der Darmwandung einwandern.

Ein Vergleich mit anderen Verdauungsorganen zeigt nun weiterhin, dass der braune Körnerinhalt der Epithelzellen die grösste Aehnlichkeit mit dem Inhalt von unzweifelhaften secretorischen Apparaten hat. Erinnert sei hier nur an die Mitteldarmdrüse der Mollusken,[1] wo ebenfalls zweierlei Epithelelemente vorhanden sind, nämlich die sogenannten Körnerzellen und die eigentlichen Fermentzellen. Beide secerniren ihre Producte, — letztere ähnlich wie unsere wandernden Zellen —, die aus oft intensiv braunen Körnern einerseits, und andererseits aus oft noch intensiver gefärbten Klumpen bestehen. Hier ist, wenigstens in den meisten Fällen, eine resorbirende Thätigkeit des Epithels ganz ausgeschlossen.

Es bleibt mithin, so scheint mir, kein anderer Schluss übrig, als dass der braune Inhalt der Cylinderzellen im Seeigeldarm deren Secret ist, welches seinen Farbstoff von den Pigmentanhäufungen an der Basis des Epithels empfängt. Dass das Secret ein gallenähnliches sei, lässt sich ferner nicht irgend wie unterstützen, weshalb die Annahme die meiste Berechtigung behält, dass es ein Verdauungsferment liefere. Im Gegensatz zum Epithel der Holothurien scheint dies bei dem Seeigel jedoch weniger intensiv secernirt zu werden, oder es gehen wenigstens bei der Secretion nicht so viel Zellen zu Grunde. Daneben aber werden wir auch diesem Epithel eine absorbirende Thätigkeit zuerkennen müssen.

Erwähnt sei noch, dass ich im Darm des Toxopneustes ausserordentlich viel schmarotzende Infusorien antraf, die wohl identisch mit Cryptochilum Echini sein werden.

Bei einem Sphaerechinus, sowie bei Echinus microtuberculatus lagen die Verhältnisse ganz ähnlich wie die oben beschriebenen. Bei letzterem war nur die Farbe der rothen Zellen eine etwas andere, nämlich mehr nach

[1] l. c. 9.

Digitized by Google

Carminroth führend. Die braunen Cylinderzellen waren auch im Hungerzustand ziemlich kräftig tingirt.

Es schliessen sich weiterhin die übrigen Echiniden an, ohne dass sie Anlass zu besonderen Bemerkungen geben. Ein Individuum von Schizaster spec. besass einen glashellen, farblosen Oesophagus mit eingestreuten kleinen und dunkleren Flecken, die sich unter dem Mikroskop als recht compacte braune Klumpen erweisen. Der Oesophagus ist auch hier frei von rothen Zellen, welche vielmehr erst weiter hinten auftreten. Das Cylinderepithel ist fast durchweg sehr niedrig, namentlich in der hinteren, sehr braunen Abtheilung des Darmes, dessen Färbung durch eine dicke Pigmentlage unterhalb des Epithels bewirkt wird. Im Enddarm sind rothe Zellen sehr spärlich und schwinden wohl schliesslich ganz. Ebenso wird je mehr nach hinten hin das Epithel um so niedriger (Taf. III, Fig. 5). Die Kerne dieser Zellen sind relativ gross und färben sich stark mit Haematoxylin. Unterhalb des Epithels sieht man die dicke Pigmentlage, welche aus zahllosen gelbbraunen, gleich grossen, ziemlich glänzenden Körnchen besteht, die ganz dicht gedrängt liegen. Der Farbstoff ist gegen Alkohol sehr resistent.[1] Ab und zu bemerkt man in dieser Pigmentlage Zellkerne, die sich mässig stark und etwas diffus färben. Es ist demnach wohl zu vermuthen, dass sie die Kerne der Pigmentzellen sind, deren Grenzen sich nicht mehr nachweisen liessen und vielleicht auch nicht mehr existiren.

Unter den irregulären Seeigeln giebt Hamann für Spatangus an, dass der Schlund fast cubische Zellen ohne Flimmerhaare, aber mit einer Cuticula versehen, hatte. Koehler[2] will im „Magen" vielzellige schlauchförmige Drüsen gefunden haben. Für den Dünndarm berichtet Hamann endlich, dass Secrettropfen aus den Zellen heraustreten.

Ich fand die Verhältnisse bei Spatangus spec. ähnlich wie bei Schizaster. Der Darm besteht äusserlich in ganz auffallender Weise aus verschiedenfarbigen Abschnitten, die dunkelroth, ockerbraun oder grau sind. Das Epithel selbst ist jedoch ziemlich blass (Taf. IV, Fig. 8) und besteht aus relativ mässig hohen Cylinderzellen, welche mehr einzelne blassbraune Krümel führen. Dazwischen durch schieben sich wieder die rothen Zellen, welche hier erheblich grösser als bei den früher betrachteten Echinodermen sind. Die rothen Inhaltskugeln sind ferner noch intensiver als sonstwo gefärbt, stimmen indessen hinsichtlich ihres übrigen Verhaltens und im Besonderen in ihrer Grösse mit denjenigen der übrigen Seeigel überein.

---

[1] In Taf. III, Fig. 5 ist die braune Farbe der Einfachheit halber fortgelassen.

[2] (10) Koehler, Rech. sur les Echinides des côtes de Provence. *Annal. du Musée d'hist. nat. Marseille. Zoolog. F.* I. 1883.

Digitized by Google

Es folgt mithin daraus, dass jede Zelle bei Spatangus eine grössere Anzahl davon führt.

Das unter dem Darm liegende Bindegewebe ist hier etwa so mächtig, wie bei Schizaster, besitzt aber vereinzeltere, grössere braune Knollen als Pigmenteinlagerungen (Taf. IV, Fig. 8).

Ueberblicken wir die bei den Seeigeln gewonnenen Resultate, so wird uns ihre grosse Gleichförmigkeit auffallen. Ganz allgemein scheinen die rothen Wanderzellen verbreitet zu sein, die wir ja schon bei Synapta unter den Holothurien angetroffen hatten. Auch das Cylinderepithel zeigt hinsichtlich seiner beträchtlichen Höhenentwicklung und seines bräunlichen, aus Körnchen bestehenden Inhaltes grosse Uebereinstimmungen. Es leitet zu den Holothurien hinüber. Der Oesophagus besitzt endlich noch eine dritte Art von Epithelelementen, nämlich die farblosen Wanderzellen, die den Wanderzellen im Darm von Holothuria nicht unähnlich sein dürften. Besondere Elemente endlich, die man als rein resorbirende betrachten könnte, waren bei den Seeigeln ebenso zu vermissen, wie bei den Holothurien.

Die Asteriden.

Betrachtet man die Echinodermen nur auf ihren Darmkanal hin, so könnte man sie in zwei Hauptgruppen zerspalten, nämlich in solche mit gestrecktem Darme ohne hervorragende Divertikelbildungen, wozu die bereits besprochenen Holothurien und Echiniden zu rechnen sind, und in solche mit kurzem Darmrohr, welches dem radiären Bau des Thieres entsprechend, seitliche Divertikel von oft grosser Mächtigkeit aussendet. Hierher gehören die Seesterne, Schlangensterne und Haarsterne, welche drei Gruppen man wieder in die der ersteren vereinigen kann, wo die Darmaussackungen sich in die Arme des Thieres hineinerstrecken, und in die der letzten beiden, wo dies nicht statthat.

Auch die Seesterne, denen wir uns zunächst zuwenden, sind bereits von Hamann[2] in Betracht gezogen worden. Er unterschied in ihrem Darm einen Schlund, einen Magendarm mit den Blindsäcken und endlich ein Rectum. Im Schlund zunächst fand er eiförmige Drüsenzellen, wie solche auch im Epithel der Körperbedeckung vorkommen, mit einem Kern unterhalb des eiförmigen Theiles der Zelle. Jede Zelle sollte nämlich einen Fortsatz haben, welcher senkrecht in die Nervenschicht hineingeht. Die

---

[1] (11) O. Hamann, *Beiträge* etc. Heft 2. Die Asteriden, anatomisch u. histologisch untersucht. Jena 1885. S. 59 fg. S. 66 fg.

Digitized by Google

Cylinderzellen des Epithels waren lang und schmal. Aehnliche Zellen wie die letzteren besass der Magendarm und ausserdem grosse Drüsenzellen, welche sich wenig färbten. In den Blinddärmen weiterhin sah Hamann eine lebhafte Wimperung und zwischen den Epithelzellen Becherzellen, deren Plasma fein granulirt war und deren Kern meist central lag. Nach den Beobachtungen desselben Autors wird der Magendarm zur Ergreifung von Beute, die gewöhnlich aus Lamellibranchien besteht, weit vorgestülpt so dass er dieselbe umfasst und dann durch ein Gift, welches seinen Drüsen entstammt, tödtet. In der That ist dieses Vorstülpen ganz eigenthümlich und habe ich es oft beobachten können, namentlich auch dann wenn Seesterne mittels Alkoholzusatzes zum Seewasser langsam abgetödtet wurden, wobei, wie bekannt, auch die Füsschen stark ausgedehnt bleiben.

Im Magensack von Astropecten platyacanthus fand ich fast ganz farblose Zellen. Im herausgestreckten Zustand sieht dieses Organ auch stets farblos oder höchstens leicht gelblich und sehr durchscheinend aus, etwa wie das Mesenterium eines Wirbelthieres. Das Epithel besteht aus zweierlei Elementen und besitzt eine ausgesprochene Flimmerung. Die einen Zellen enthalten zahlreiche sehr kleine Fettkügelchen, die sich durch starke Bräunung mittels Osmiumsäure kenntlich machen. Die anderen Zellen mögen wohl den grossen Drüsenzellen Hamann's entsprechen. Sie sind in grosser Anzahl vorhanden und überwiegen. In ihrem Aussehen ähneln sie den farblosen Wanderzellen, die wir bereits bei Holothuria und Toxopneustes etc. antrafen (s. Taf. III, Fig. 3), etwa 22 μ lang und 12 μ breit, bald mehr eiförmig, pyramidal, kugelig etc. Der Inhalt besteht auch hier aus einzelnen Kugeln, die dicht aneinandergelagert sind. Ungefärbt, sind sie wenig glänzend (blass) und erinnern wieder an Plasmazellen. Durch etwa 5 procentige Salpetersäure werden sie gelöst, durch Osmiumsäure nicht gebräunt. Oft fliessen sie zusammen und bilden dann einen oder mehrere grosse Ballen, ein Vorgang, der sich deutlich beobachten lässt, und dem wir später noch einmal begegnen werden.

Die seitlichen Ausstülpungen des Darmes, wunderbarerweise als „Leber" bezeichnet, haben Zellen mit einem gelblichen, braun-grünen Inhalt und einzelnen Fetttröpfchen. Die Anhänge erscheinen in Folge dessen auch kräftiger gefärbt. Oft ist der Inhalt sogar stark Terra di Siena-braun, ähnlich dem der Cylinderzellen der Seeigel, bleibt aber immer mit sehr kleinen Fetttröpfchen untermischt. Das Epithel besitzt weiterhin einen steifen Stäbchensaum, der Flimmerhaare trägt.

In den Darmanhängen von Astropecten platyacanthus konnte ich nur eine einzige Zellart sicher feststellen. Erwähnt sei dann noch, dass im Lumen ein wurmartiger Schmarotzer anzutreffen war, der von den Epithelzellen lebte, mit denen er ganz vollgepfropft war.

Digitized by Google

Bei einem vor Hunger fast verendeten Individuum dieses Seesternes waren die Darmanhänge in ihrem Volumen ganz auffällig reducirt, und das Epithel enthielt sehr blasse Zellen. Auch hier machte sich daher ein ganz augenfälliger Einfluss des physiologischen Zustandes des Organismus auf das Darmepithel bemerklich, noch viel augenfälliger als bei den Seeigeln.

Etwas anders als bei der vorigen Art ist der Magendarm von Astropecten aurantiacus gestaltet. Sein Epithel besitzt nämlich Zellen, deren Inhalt ein blassgrüner ist und aus kleinen festen Knöllchen besteht, die oft eine schwache Schichtung wahrnehmen lassen. Auch ebenso gefärbte Krystallstäbchen kommen vor und ausserdem zahlreiche verschieden grosse Fettkügelchen (Taf. IV, Fig. 10).

Die Darmanhänge von Astropecten aurantiacus sehen meist recht hell aus. Wie bei dem vorigen Seestern vermochte ich nur eine einzige Zellart nachzuweisen, deren Inhalt zwar ein etwas verschiedenartiger ist. Viele Zellen enthalten nämlich nur farblose Fetttröpfchen, die sich sowohl in Alkohol absol. wie in Chloroform lösen und in Osmiumsäure, wenn auch etwas langsam bräunen. Andere, aber spärlichere, Zellen besitzen ausser dem Fett noch hellbraune Kugeln in überwiegender Masse (Taf. IV, Fig. 9), und ausserdem kommen zahlreichere Zwischenformen vor, wo das Fett überwiegt. Die braunen Kügelchen erinnern an die der Cylinderzellen der Seeigel, sind aber etwas blasser, grösser und spärlicher.

Im Magendarm dieses Seesternes traf ich einmal eine grosse Schnecke (Turitella) an.

An der Magenwandung von Asteracanthion (Asterias) rubens, den ich in Kiel untersuchte, fällt die lebhafte Flimmerung sofort auf. Sie wird durch recht lange Wimperhärchen hervorgerufen (Taf. IV, Fig. 4), welche auf einem viel niedrigeren Stäbchensaume sitzen, der eine sehr deutliche, längliche untere Knöpfchenreihe besitzt. Das Epithel setzt sich aus dreierlei Elementen zusammen, nämlich 1. aus den langgestreckten, feinen Cylinderzellen, 2. aus farblosen Wanderzellen und 3. aus körnchenführenden Wanderzellen. Die ersten, die Cylinderzellen haben eine leicht gelbliche Färbung. Dicht unter dem Stäbchensaum zeigen sie eine feine, aber schon im überlebenden Gewebe sehr deutliche Längsstreifung, die sich aus sehr feinen parallel laufenden Fäserchen von der Länge etwa des Stäbchensaumes zusammensetzt. Hier sind die Zellen auch farblos. Weiter in die Tiefe hinein lassen sich die Fäserchen jedoch nicht verfolgen, sondern sie brechen plötzlich ab, wenn sie nicht vielleicht sofort ein netzartiges Geflecht bilden, was nicht unwahrscheinlich ist.

Die zweite Zellart im Magendarm von A. rubens entspricht den farblosen Wanderzellen der Seeigel etc. und des oben betrachteten Astropecten

Digitized by Google

platyacanthus. Mit denen des letzteren haben sie gemein, dass ihr Inhalt ursprünglich aus farblosen Kugeln besteht, die später ineinanderfliessen. Dies ist ein ganz regelmässiger Vorgang und lässt sich an einem günstigen überlebenden Praeparat sehr gut verfolgen. Bringt man nämlich kleine Stückchen des Gewebes unter das Mikroskop mit Zusatz von etwas Seewasser, worin es sich längere Zeit lebensfrisch erhält, so sieht man, wie die jüngsten Wanderzellen, d. h. diejenigen, welche der Basis des Epithels am nächsten liegen, eine grössere Anzahl der schon bekannten Kugeln führen. Je mehr sich die Zelle nun nach der freien Oberfläche des Epithels hinschiebt, um so grösser werden die Kugeln, indem einzelne von ihnen zusammenfliessen. Ist endlich diese Oberfläche erreicht, so besteht der Zellinhalt nur noch aus einem einzelnen Bläschen oder Ballen, welches den Zellleib völlig ausfüllt. So sieht man mehrere dieser zahlreichen Secretzellen an der Oberfläche des Epithels liegen, wo sie nach und nach ausgestossen werden.

Das dritte Epithelelement stellt Zellen vor, die den soeben beschriebenen in der äusseren Gestalt sehr ähnlich sehen. Doch können sie sich beim Wandern noch dünner, spindel-, ja sogar fadenförmig strecken und dann wieder zur Kugel abrunden. Der wesentlichste Unterschied aber besteht darin, dass ihr Inhalt sich aus zahllosen sehr feinen Kügelchen zusammensetzt, die einen etwas stärkeren Glanz besitzen, jedoch nichts mit Fett zu thun haben. Auch diese Zellen wandern allmählich von der Basis des Epithels nach dessen Oberfläche hin. Von den Cylinderzellen unterscheiden sie sich hauptsächlich durch ihre Farblosigkeit und durch den Mangel an feinsten Körnchen, welche diese besitzen. Vielleicht sind sie den rothen Wanderzellen der Echiniden aequivalent.

Die Darmsäcke haben bei A. rubens ein Epithel von bräunlich-grünen lebhaft wimpernden Zellen. Wanderzellen oder Aehnliches vermochte ich auch hier nicht aufzufinden. Eine Abbildung der ersteren habe ich bereits an anderer Stelle[1] gegeben und sei darauf verwiesen. Die cylindrischen Epithelzellen, die einzigen die ich constatiren konnte, besitzen einen sehr hohen Stäbchensaum, dessen drei Knöpfchenreihen deutlich sind, namentlich die oberen und unteren. Die Flimmerhärchen sind wenig höher und spärlicher als die Stäbchen, ein Verhältniss, dem wir später noch bei Ophioderma begegnen werden und das auch von Hamann bestätigt worden ist.

Der Inhalt der Zellen der Blindschläuche ist viel weniger fettreich als der bei Astropecten und besitzt ziemlich kräftig gefärbte Kugeln, die bald

[1] l. c. 5. Taf. VIII. Fig. 5.

Digitized by Google

mehr bräunlich, bald mehr grünlich aussehen. Sonst erinnern sie sowohl an die aus dem gleichen Organ von Astropecten wie auch an die des Darmes der Seeigel.

Die Deutung der Epithelelemente bei den Seesternen wird wesentlich durch den Umstand erleichtert, dass hier bereits eine Arbeitstheilung eingetreten ist, die bei den Holothurien und Echiniden noch vermisst wird. Denn dort geschieht, soweit sich bis jetzt feststellen lässt, sei es die Secretion, sei es die Absorption zum Theil wenigstens in denselben Darmabschnitten, ähnlich so, wie etwa im Darmcanal der Insecten, wo allerdings der Enddarm nicht mehr secretorisch thätig ist. Anders liegen die Verhältnisse nun bei den Seesternen. Hier gelangt die Speise wohl in den sog. Magensack, aber nicht in die Blindschläuche. Diese functioniren vielmehr gerade so wie die Mitteldarmdrüse der Crustaceen und die der Mollusken, d. h. nur secretorisch und nicht absorbirend. Es ist daher leicht, den Inhalt der Epithelzellen zu deuten und ihn als einen rein secretorischen auszugeben. Welche Rolle das Fett spielen mag, ist zwar schwierig zu sagen. Es möge jedoch daran erinnert werden, dass die Mitteldarmdrüse der Krebse eine Zellart besitzt, welche fast ausschliesslich Fett führt und auch secernirt, denn ihr Secret giebt mit Chloroform oder dergleichen extrahirt, einen fettartigen Stoff. Man würde begreiflicher finden, wenn das Fett absorbirt werden würde. Aber die Klappen am Ende der Ausführungsgänge jener Drüse der Krebse sind so eingerichtet, dass ihr Secret zwar in den Magen, von diesem indess nichts in die Drüse gelangen kann. Zu erwägen wäre dann weiterhin noch, ob nicht an das Fett ein Ferment gebunden sein könnte, sodass es nur als der Träger desselben fungirte.

Ausser dem Fett besitzen die Epithelzellen der Blindsäcke noch mehr oder weniger braune Kugeln und oft sogar in überwiegender Masse, wie bei A. rubens. Da nun eine Absorption an diesem Orte ausgeschlossen bleibt, so können jene Kugeln nur noch als ein fermentartiges Secret betrachtet werden. Dann würde der Analogieschluss nahe liegen, die entsprechenden Bestandtheile der Cylinderzellen der Seeigel ebenfalls für rein secretorisch zu halten und nicht für absorbirte Nahrung, ein Schluss, welcher sich mit den weiter oben bereits ausgesprochenen Ansichten völlig deckt.

Anders verhält es sich nun im sog. Magensack der Seesterne, wo secernirt, verdaut und resorbirt wird, ganz so wie im Darmcanal der Seewalzen und Seeigel. Wir haben daher auch hier mindestens zweierlei Epithelelemente, nämlich die Wanderzellen einerseits und die Cylinderzellen andererseits, von denen die ersteren in zweifacher Gestalt auftreten,

Digitized by Google

ähnlich wie im vorderen Darmabschnitt des Seeigels. Es unterliegt fernerhin keiner Frage, dass man die wandernden Zellen als rein secretorische Apparate ansehen kann, während für die Cylinderzellen noch die Thätigkeit der Absorption hinzukommt. Sie enthalten vielfach kleine Fetttröpfchen, ohne dass man indessen zu sagen vermöchte, ob sie absorbirt seien oder ein Secret nach Art desjenigen der Blinddarmzellen (und der Mitteldarmdrüse der Decapoden) darstellen.

Nicht uninteressant ist schliesslich der Umstand, dass die Blindsäcke der Seesterne im Hungerzustande stark reducirt werden, woraus zu schliessen ist, dass ihre Thätigkeit hierbei ebenfalls sehr erheblich sinkt.

Die Schlangen- und Haarsterne.

Die Ophiuriden und Crinoiden haben mit den Asteriden die Ausbildung einer Art von Magenhöhle gemein, während der Darmcanal der Holothurien und Echiniden ein überall ziemlich gleich weites lang gezogenes Rohr darstellt. Unter den ersteren drei Abtheilungen besitzen jedoch nur die bereits besprochenen Seesterne blindsackartige Ausstülpungen des Verdauungsapparates, während die Schlangen- und Haarsterne einen einfachen kugeligen oder sackförmigen Magen aufweisen.

Für Ophioglypha albida giebt Hamann[1] an, dass die Mundöffnung zugleich als After diene. Das Wimperepithel fand er an der dorsalen Wand höher als an der ventralen, erwähnt aber ausser den Cylinderzellen keine Drüsenzellen oder sonstigen Epithelbestandtheile, sondern constatirt nur noch die von mir bereits beschriebenen Stäbchen auf den Zellen, die spärlichere Wimpern tragen.

Dieselbe Species von Ophioglypha konnte auch ich in Kiel (1886) untersuchen. In Uebereinstimmung mit Hamann fand ich einen ziemlich hohen Saum auf den Zellen (Taf. IV, Fig. 7), der aus ziemlich dicken, aber wenig glänzenden Stäbchen besteht, deren obere und untere Knöpfchen sehr dick sind und daher scharf hervortreten. Die Flimmerhaare sind sehr viel zarter und nicht länger als die Stäbchen.

Das Epithel bildet Wülste ähnlich dem der Seeigel (Taf. III, Fig. 4). Gerade wie Hamann vermochte ich im ganzen Darmsack nur eine einzige Zellart aufzufinden, nämlich die Cylinderzellen, die auch langgestreckt sind, aber doch nicht so lang wie bei Holothuria. Wandernde, mehr rundliche Zellen, dürften demnach bei Ophioglypha an diesem Orte völlig fehlen, wofür sogleich eine weitere Stütze erbracht werden kann. Beim Beobachten eines Darmstückchens in Seewasser bei Vermeidung eines Deckglases sah

[1] (12) O. Hamann, Anatomie und Histologie der Ophiuren und Crinoiden. *Jenaische Zeitschr. d. Naturw.* etc. Bd. 23. S. 233 fg., sowie *Beiträge* etc.

Digitized by Google

ich nämlich, wie hier und dort eine der Cylinderzellen austrat. Zunächst schob sie den Deckelsaum vor, dessen einzelne Stäbchen sich radiär auseinanderspreizten. Dann gingen sie verloren und die Zelle trat völlig heraus, d. h. nicht nur ihr secretorischer, braun gefärbter Inhalt, sondern auch der Fusstheil (Taf. IV, Fig. 7 bei *b*). Der ganze Vorgang ist also ähnlich demjenigen, der bei den Seeigeln etc. hinsichtlich der Wanderzellen Platz hat, während dort ein solches Auswandern von Cylinderzellen nicht in dem Grade zu beobachten war, obgleich ja auch von diesen immer welche zu Grunde gehen müssen. Dies geschieht aber offenbar in einem viel beschränkteren Maasse, während es bei Ophioglypha eine ebenso gewöhnliche Erscheinung ist, wie bei den übrigen Echinodermen hinsichtlich der wandernden Zellen. Da stets Verdauungsfermente gebraucht werden, so muss auch stetig secernirt werden, und es muss daher die Secretion der Cylinderzellen von Ophioglypha eine viel lebhaftere sein, als bei den anderen Echinodermen, wo diese Thätigkeit hauptsächlich von den wandernden Zellen ausgeübt wird.

Der Inhalt unserer Zellen ist sehr ähnlich dem der kräftig gefärbten Cylinderzellen des Seeigels. Er setzt sich aus ziemlich regelmässigen, etwa gleich grossen, braunen Kugeln zusammen, welche erheblich mehr glänzen als die jener Zellen. Sie erfüllen nur die obere Zellhälfte in enge gedrängter Lage. Weiter unten und zwischen ihnen sieht man ebenso aber sehr viel blasser gefärbte kleine Flöckchen und Krümelchen, welche dem Ganzen eine diffuse bräunliche Färbung verleihen können. Mit ihnen vermischt, aber nur unterhalb der braunen Kugeln enthält die Zelle noch feine, zahlreiche, etwa gleichgrosse Fettkügelchen, die mit jenen zusammen ausgestossen werden.

Der so grosse Magensack ist der wichtigste Bestandtheil des Darmapparates von Ophioglypha, da der kurze Oesophagus kaum noch in Betracht kommt. Dort muss mithin secernirt, verdaut und absorbirt werden. Hinsichtlich des ersteren Vorgangs sind wir bereits orientirt. Welche Wege jedoch bei der Absorption eingeschlagen werden, ist hier noch schwieriger als an anderen Orten zu beantworten.

Die Ophioglypha albida ist nicht das einzige Echinoderm, wo nur eine Zellart im Darmepithel vorhanden ist. Die ihr systematisch nahestehende O. texturata schliesst sich ihr hinsichtlich dieses Punktes nämlich vollkommen an. Der dunkelrothbraune Magen besitzt also auch hier hohe Cylinderzellen mit kleinen braunen Kugeln und farblosen Fettkügelchen. Eine zweite Zellart fehlt.

Nicht anders dürfte es ferner bei Ophiothrix fragilis sein. Das Flächenbild des Epithels zeigt ähnliche Wülste wie das des Seeigels (Taf. III, Fig. 4). Die Cylinderzellen sind sehr klein und kugeln sich beim Zerzupfen leicht

Digitized by Google

ab. Sie enthalten sowohl gelbliche Kügelchen wie auch noch kleinere farblose Fetttröpfchen.

Der Stäbchensaum auf diesen Zellen ist sehr deutlich und hält sich lange, wenn man das Object in der Leibesflüssigkeit eines Seeigels untersucht. Einer Wimperung vermochte ich nicht ansichtig zu werden. Sie scheint hier zu fehlen.

Im Anschluss hieran sei noch Antedon rosacea aufgeführt, wo die Verhältnisse ganz ähnlich wie bei den ebengenannten Schlangensternen obwalten. Die Magenwandung hat eine lebhafte braune Farbe wie bei Ophioglypha. Die Zellen, welche sich leicht zur Kugel umformen — beim Zerzupfen —, enthalten mehrere braune Kügelchen und auch Krystalle, die langgezogenen Rhomben gleichen. Das Epithel trägt sehr feine lange, aber etwas einzeln stehende Flimmerhärchen, die den Zellen unmittelbar, also ohne Stäbchen, aufsitzen, gerade umgekehrt also wie bei Ophiothrix, wo Stäbchen anstatt Wimpern vorhanden sind.

Zum Schluss haben wir noch zweier Schlangensterne zu gedenken, welche hinsichtlich des Darmepithels abweichen und mehr zu den übrigen Echinodermen hinleiten. Es sind die Genera Ophiocoma und Ophioderma. Beide besitzen im Magenepithel wieder zweierlei Zellarten.

Der Oesophagus von Ophiocoma ist weisslich, durchscheinend, der Magen dagegen, namentlich an der dem ersteren entgegengesetzten, dorsalen Seite dunkelbraun. An dieser Stelle sind lange Cylinderzellen mit bräunlichen Kugeln gelegen, eine deutliche Wimperung tragend, die einem Stäbchensaum aufsitzt. Zwischen ihnen sieht man nun wieder wandernde Zellen, die aber anders als die der übrigen Echinodermen gebaut sind (vergl. Taf. IV, Fig. 11). Sie sind ungefähr kugelig bis eirund, ohne sich jemals so lang wie die Zellen von Asterias rubens etc. auszuziehen, und enthalten einen einzigen grossen, fast ebenso gestalteten Körper, der sie fast völlig ausfüllt, so dass nur basal oder etwas seitlich ein wenig Protoplasma mit dem Kern übrig bleibt. Dieser Körper ist von gelblich brauner Farbe und stellt ein recht compactes, opakes, aber sonst ganz homogenes Gebilde vor, das von feinkörniger Beschaffenheit zu sein scheint.

Beim Beobachten eines Gewebsstückchens kann man das Wandern dieser Zellen aufs deutlichste verfolgen und schliesslich sehen, wie sie aus dem Epithel völlig austreten, ganz wie die rothen Wanderzellen. Ihre Grösse ist etwa $= 18\,\mu$ in der Länge und $13\,\mu$ in der Breite. Sie sind stellenweise sehr zahlreich vorhanden.

Untersucht man schliesslich Ophioderma longicauda, so wird man den Aufbau des Epithels im Ganzen sehr ähnlich wie soeben angegeben finden. Die Magenwandung ist hier meist etwas heller. Die Cylinderzellen sind lang und schmal und enthalten kleine bräunliche Kügelchen von der ge-

Digitized by Google

wöhnlichen Beschaffenheit. Sie tragen einen hohen Stäbchensaum, dessen Flimmerhaare, spärlicher an Zahl, eine langdauernde Flimmerung zeigen. Bei Zusatz von Osmiumsäure sterben sie schnell ab und werden deutlich gemacht.

Die wandernden Zellen (Taf. IV, Fig. 11) enthalten einen hellbraunen compacten, im allgemeinen eiförmigen Klumpen, der meist seitlich ein wenig comprimirt ist (Taf. IV, Fig. 5*a*, 5*b*). Mehr im unteren Theil des Epithels sind diese Klumpen etwas kleiner und auch wohl mehr länglich gezogen (Taf. IV, Fig. 11), und an seiner Basis sind sie ganz erheblich kleiner. Wahrscheinlich entstehen auch diese Zellen hier durch Theilung und, während sie nach oben hin vorrücken, so wachsen sie mehr und mehr an, bis sie eine bestimmte Grösse erreichen. Haben sie sodann die Oberfläche des Epithels erreicht, so lässt sich aufs schönste beobachten, wie sie endlich ganz auswandern. Ihr protoplasmatischer Theil sitzt bald an der Basis, bald am seitlichen Rande und wandert beim Vorrücken langsam längs der Peripherie. In seiner Mitte liegt der helle, wenig deutliche Kern. Der braune opake Klumpen ist zwar ziemlich fest, scheint es aber eigentlich erst mit zunehmender Reife zu werden, da er in jugendlichen Stadien gewisse Gestaltsveränderungen eingehen kann, indem er sich bald etwas streckt, bald biegt und einschnürt.

Schluss.

Ist schon die Artenzahl der bekannten Echinodermen keine absonderlich grosse, so entfällt ein nur kleiner Theil auf die europäischen Meere. Von ihnen stand mir leider auch bloss eine beschränktere Anzahl zur Verfügung, und ich sah mich ausserdem gezwungen, unter diesen eine noch engere Auswahl zu treffen. Dennoch aber glaube ich, dass es recht wohl möglich sein wird, aus den oben niedergelegten Resultaten einige allgemeine Schlüsse abzuleiten.

Das Darmepithel, um mit diesem zu beginnen, enthält durchgängig bei den Echinodermen immer eine Art von Zellen, die Cylinderzellen, welche sich überall hinsichtlich ihres Aussehens und Verhaltens sehr ähneln. Charakteristisch für sie ist ein bräunlicher Inhalt. Sie entstehen wahrscheinlich überall durch (amitotische?) Kerntheilung an der Basis des Epithels (Mutter- oder Keimzellen). Ausschliessliche Epithelbestandtheile sind sie in den Blindsäcken der Seesterne und im Magenepithel von Haarsternen und einigen Schlangensternen (Ophiothrix). Sonst vergesellschaften sie sich mit wandernden Zellen, die in manchen Fällen in zweierlei Formen auftreten können. Auch diese entstehen durch Kerntheilung am Grunde des Epithels.

Digitized by Google

Die Secretion, um zu dieser überzugehen, wird zunächst durch die Wanderzellen bewirkt, welche hierbei gleichzeitig völlig zu Grunde gehen und durch neue stets ersetzt werden. Ausserdem sind auch die Cylinderzellen in secretorischer Weise thätig, namentlich dann, wenn sie die einzigen Epithelbestandtheile vorstellen (Ophioglypha etc.). Auch ihr Product, das wahrscheinlich als Ferment wirkt, ist mehr oder weniger stark braun gefärbt, zuweilen ähnlich wie das der Wanderzellen.

Die Absorption ist noch der dunkelste Punkt unseres Thema's. Es ist zunächst nicht anzunehmen, dass sie intercellulär erfolge, wie in einer weiteren Mittheilung dieser Beiträge noch auseinander gesetzt werden soll. Sie ist vielmehr ein Vorgang, der auf der Thätigkeit von Epithelzellen beruht. Da nun die Wanderzellen, sobald sie die Oberfläche des Epithels erreichen, ausgestossen werden, so bleibt nur noch der Schluss übrig, dass die Absorption von den Cylinderzellen vollzogen werde, die ja auch bei allen Echinodermen angetroffen wurden. Es bleibt dann nichts anderes übrig, als ihnen zwei Thätigkeiten zu vindiciren, eine secernirende und eine absorbirende, und da anzunehmen ist, dass die Zellen behufs der Secretion zu Grunde gehen, so muss man weiterhin festsetzen, dass sie, sobald sie in ihrem Wachsthum die freie Oberfläche des Epithels erreicht haben, sofort mit der Absorption beginnen, aber vermuthlich nur so, dass sie bloss als Durchleitungsstätten dienen, da nicht zu sehen ist, in welcher Weise sie die verdaute Nahrung in sich aufnehmen oder beherbergen. Es walten hier mithin ganz ähnliche Verhältnisse wie bei manchen Insecten ob, nämlich wie z. B. bei denen, die keinen Enddarm als physiologischen Apparat besitzen, bei den Hymenopterenlarven. In Betreff des Darmes zeigen diese Einrichtungen, welche mit denen von Ophioglypha etwa auf derselben Stufe stehen, wo ja auch kein Enddarm und After entwickelt ist.[1] Sonst mag wohl der Enddarm der Echinodermen besonders an der Absorption betheiligt sein, wie der Vorderdarm wohl auch am energischsten secernirt und daher die reichlichsten Wanderzellen hat.

Soll noch zum Schluss die Frage berührt werden, ob der Darmcanal oder einzelne seiner Theile nach Art einer Leber thätig sind, so muss diese durchaus verneint werden, schon, wie bereits weiter oben erwähnt, aus dem Grunde, weil die Function einer Leber enge an das Vorhandensein des rothen Blutfarbstoffes gebunden ist. Es wäre weiterhin auch schwer zu sagen, welche Zellen des Darmcanals die Ausscheidung von Gallbestandtheilen vollziehen sollten. Die Wanderzellen, oft gar nicht vorhanden, sind in anderen Fällen farblos oder sehr blass. Ebenso sind es oft die Cylinderzellen, z. B. gerade dort, wo man am ehesten geglaubt hatte, eine Leber

[1] l. c. 3. S. 251, 256. Taf. IX. Fig. 24.

Digitized by Google

zu finden, nämlich in den Blinddärmen der Seesterne. Bei Ophioglypha andererseits müsste man einer einzigen Zellart ausser der Function des Secernirens und Absorbirens noch die einer Leber zuerkennen, was doch wohl etwas viel verlangt wäre. Auffallend ist es allerdings, dass gerade die Verdauungsorgane wirbelloser Thiere so reich an Pigmenten sind, wie etwa die Mitteldarmdrüse und der Darmcanal der Mollusken lehrt. Die Echinodermen stehen ihnen in dieser Beziehung nicht erheblich nach, ohne jedoch eine so ausserordentliche Mannigfaltigkeit zu entwickeln.

In einer weiteren Mittheilung, welche dieser folgen soll, gedenke ich noch über einige Einzelheiten des Mitteldarmes anderer wirbelloser Thiere zu berichten und im Besondern die bei der Absorption stattfindenden Vorgänge zu berühren.

Erklärung der Abbildungen.

(Tafel III u. IV.)

(Tafel III.)

Fig. 1. Magendecke von Ophioderma longicauda. Vergr. ca. 500 mal. Behandelt mit Salpetersäure-Sublimat-Alkohol. Gefärbt mit Carmin und Haematoxylin. Die wandernden Zellen sind durch Alkohol extrahirt und ungefärbt geblieben. Das Cylinderepithel bildet hohe Wülste. Der Stäbchensaum ist kräftig tingirt, namentlich seine beiden Knopfreihen. Im oberen Theil der Zellen ist eine längsstreifige Faserung, die sich schnell auflöst. Der körnige Inhalt der Zellen färbt sich mässig mit Haematoxylin. Die Kerne sind kräftig, aber etwas diffus gefärbt und liegen der Basis zu. Einige wandern mit der Zelle aus. An der Basis des Epithels liegen Kerne von Mutterzellen, einer in Theilung begriffen.

Fig. 2. Darm von Holothuria tubulosa. Querschnitt. Vergrössert ca. 400 mal. Behandlung wie oben, Contractionszustand, daher die Wülste schmal und hoch sind. Wandernde, diffus gefärbte (Haematoxylin) Zellen in allen Theilen des Epithels zahlreich. Ihr Kern ist gross und enthält distinkte, chromatische Körner in netzartiger Anordnung, sowie einen blasseren, centralen Nucleolus. An der Basis des Epithels liegen Mutterzellen, viele in Theilung. Der Kern halbirt sich unter Verdoppelung des Nucleolus. Die Cylinderzellen sind lang und schmal. Unter der freien Oberfläche enthalten sie pseudochromatische Körnchen in dicker Lage. Der übrige Inhalt färbt sich schwach mit Karmin. Die Kerne färben sich kräftig, ein dichtes Netzwerk noch erkennen lassend. An der Basis des Epithels theilen sie sich gleichfalls (amitotisch?).

Fig. 3. Farblose, wandernde Zellen aus dem Vorderdarm von Toxopneustes (Strongylocentrotus) lividus; bei *a* eiförmig, bei *b* kolbig gestreckt. Vergr. ca. 1800.

Digitized by Google

Fig. 4. Oberflächenansicht des Darmepithels von demselben Object; ebenfalls frisch (überlebend). Wulstbildung. Vergr. ca. 120 mal.

Fig. 5. Querschnitt durch den Enddarm von Schizaster. Behandlung wie bei Fig. 1. Das Epithel ist niedrig. Das dicke Bindegewebe enthält eine braunkörnige Pigmentschicht. Vergr. ca. 400 mal.

(Tafel IV.)

Fig. 1. Rothe Wanderzellen aus dem Mitteldarm vom Seeigel, überlebend, in verschiedenen Stadien der Bewegung von *a* bis *f*. Vergr. ca. 900 mal.

Fig. 2. Optischer Querschnitt des Darmepithels von demselben Thier, gleichfalls überlebend. Die Wimperung ist fortgelassen. Zahlreiche rothe Wanderzellen, die zum Theil frei werden. Cylinderzellen blass. Unten Pigmentkrystalle. Vergr. ca. 300 mal.

Fig. 3. Synapta digitata; eine rothe Zelle, stark vergrössert (ca. 1800 mal). Kern central.

Fig. 4. Asteracanthion (Asterias) rubens. Optischer Schnitt des Darmepithels. Niedriger Stäbchensaum mit langen feinen Wimpern. Untere Knopfreihe scharf. Streifung im oberen Theil der Cylinderzellen (vergl. Taf. III, Fig. 1), die blass sind. Ausserdem zwei Arten von blassen Wanderzellen, die einen wie gewöhnlich, die anderen feinkörnig. Vergr. ca. 650 mal.

Fig. 5. Zwei braune Wanderzellen aus dem Magen von Ophioderma (vergl. Taf. III. Fig. 1 und Taf. IV. Fig. 11). Der braune Inhalt compact und opak. Vergr. ca. 1200 mal.

Fig. 6. Unvermittelter Uebergang einer Darmepithelform in eine andere beim Seeigel (Hunger). Vergr. ca. 300 mal (vergl. Fig. 2).

Fig. 7. Ophioglypha albida. Hoher Stäbchensaum mit zwei Knöpfchenreihen. Nur Cylinderzellen (Magendarm), die im oberen Theil braune Kugeln führen. Einige der Zellen wandern secernirend aus. Vergr. ca. 600 mal.

Fig. 8. Darm von Spatangus mit grossen rothen Zellen. Cylinderzellen blass. Vergr. ca. 300 mal.

Fig. 9. Astropecten aurantiacus. Blinddärme. Zellen mit kleinen braunen Kugeln und Fetttröpfchen. Vergr. ca. 1200 mal.

Fig. 10. Dasselbe Object. Magendarm. Zellen mit festen gelbgrünlichen Knollen und Krystallen. Vergr. ca. 1200 mal.

Fig. 11. Magendecke von Ophioderma longicaude (vergl. Taf. III. Fig. 1 und Taf. IV. Fig. 5). Wandernde braune Zellen, das Epithel z. T. verlassend. Vergrösserung ca. 650 mal.

Digitized by Google

Haematologische Untersuchungen.

Erste Mittheilung.

Von

Leon Lilienfeld.

(Aus der chemischen Abtheilung des physiologischen Instituts in Berlin.)

(Hierzu Taf. V. u. VI.)

I. Ueber die morphologische und chemische Beschaffenheit der Plättchen und ihre Abstammung.

A. Historisches und Kritisches.

Donné,[1] Zimmermann,[2] Hensen[3] und Beale[4] lieferten die ersten Beschreibungen von körperlichen Elementen im Blute, welche neben den rothen und weissen Blutkörperchen in demselben sich vorfinden.

Max Schultze[5] liess diesen Gebilden eine classische Beschreibung zu Theil werden. Die einzelnen Kügelchen messen nach Schultze höchstens 1—2 μ im Durchmesser, finden sich auch isolirt im Blute; „viel häufiger

[1] Donné, De l'origine des globules du sang, de leur mode de formation et de leur fin. Comptes rendus 1842. Tome XIV. p. 366.

[2] Zimmermann, Die Elementarkörperchen des Blutes als Kunstproducte. *Zeitschr. f. wiss. Zool.* Bd. XI. S. 344.

[3] Hensen, refer. in *Centralbl. f. med. Wiss.* 1873.

[4] L. S. Beale, Observations upon the nature of the red blood-corpuscles *Quart. journ. of the micr. sc.* 1864. Jan. 32 ff.

Derselbe, On the germinal matter of the blood with remarks upon the formation of fibrin. *Transactions of the microscop. soc.* 1864 vol. XII. S. 47. ff.

[5] Max Schultze, Ein heizbarer Objecttisch. *Archiv f. mikr. Anat.* Bd. I. 1865. S. 36 ff.

Digitized by Google

sind sie zu locker zusammenhängenden, nicht scharf umschriebenen Gruppen vereinigt, zu denen eine feinkörnige Masse sie unter einander verklebt. Die Kügelchen selbst sind ganz farblos, homogen oder wenig feinkörnig und in der Art ihrer Lichtbrechung von der umgebenden Blutflüssigkeit nur wenig unterschieden, daher blass und schon ihrer geringeren Grösse wegen, welche 6—8 mal geringer als die der rothen Blutkörperchen ist, nur mit guten starken Linsen einzeln zu erkennen. Aber nicht immer stellen sie einzelne Kugeln dar, oft sind sie eckig verzogen, besitzen dann meist etwas schärfere Contouren und auch ein deutliches körniges Aussehen . . . " Die Gebilde machen auf Schultze entschieden den Eindruck in Zerfall begriffener Gewebstheile. Ihr Ursprung ist Schultze unklar; als das Wahrscheinlichste nimmt er an, dass sie aus zerfallenen Leukocyten der feingranulirten Form hervorgehen. Doch ist das nur eine Vermuthung, welche aber andererseits in dem Verhalten der kleinen Körper gegen einige Reagentien ihre Befestigung findet. In Wasser quellen die grösseren Körnchen deutlich auf und werden zu sehr blassen, hellen Kugeln; in verdünnter Essigsäure erhalten sich die Haufen längere Zeit, werden aber sehr durchsichtig, wobei jedoch einzelne der grösseren Kügelchen schrumpfen und schärfere Contouren annehmen. In verdünnter Kalilauge verschwinden sie vollständig. Im schnell getrockneten Blute sind sie noch kenntlich und werden hier weder von Alkohol noch Aether angegriffen. Da es ihnen an der Fähigkeit zu spontaner Gestaltveränderung fehlt, kann man sie nicht als lebendes Protoplasma auffassen. Von ihrer Peripherie sieht man oft feine Fortsätze ausstrahlen, welche aber keine Fortsetzungen der körnigen Masse selbst, sondern Fibrinfäden sind. Oft erhält man den Eindruck, als ob die Gerinnung von ihnen ausginge. Trotzdem es nahe liegt, in ihnen Detritusformen zu suchen, ist Schultze objectiv genug, um hier kein endgültiges Urtheil zu fällen und tauft sie mit dem indifferenten Namen: „Körnchenbildungen."

Es folgten jetzt Untersuchungen von Bettelheim,[1] Béchamps und Estor,[2] Vaulair und Masins,[3] Lostorfer,[4] Nedsvetzki,[5] Riess,[6]

[1] H. Bettelheim, Ueber bewegliche Körperchen im Blute. *Wien. med. Presse.* 1868

[2] Comptes rendus 1870. Febr. VII.

[3] Vaulair et Masins, De la Microcythémie. Extrait du Bull. de l'Acad. royale de méd. de Belgique. Bruxelles 1871.

[4] Lostorfer, Ueber die specifische Unterscheidbarkeit des Blutes Syphilitischer. *Archiv f. Derm. und Syph.* 1872. I. S. 115—134.

[5] Ed. Nedsvetzki, Zur Histologie des Menschenblutes. Kleine, sich nach allen Richtungen hin bewegende Körperchen als constante Bestandtheile des normalen Menschenblutes. *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1873 Nr. 10. S. 147 ff.

[6] Riess, Zur pathologischen Anatomie des Blutes. *Dies Archiv.* 1872. S. 237—250.

Digitized by Google

Laptschinsky,[1] Osler und Schäfer[2] und Osler,[3] von welchen nicht mit Sicherheit ausgesagt werden kann, ob sie sich auf die „Schultze'schen Körnchenbildungen", oder andere zufällig im Blute auftretende Elemente beziehen.

Bemerkenswerth sind die Versuche von Alexander Schmidt,[4] welcher im gekühlten Pferdeblutplasma bald nach dem Aderlass „feinkörnige Massen" beschreibt, deren Menge schnell wächst. Diese Körnchen könnten eventuell die fibrinoplastische Substanz (Paraglobulin) darstellen; allein sie verhalten sich chemisch ganz verschieden. Sie sind viel schwerer löslich in Alkalien und Säuren und in neutralen Salzen sind sie unlöslich oder wenigstens sehr schwer löslich. Ferner löst das kalte Filtrat des Blutplasma's die fibrinoplastische Substanz. „Es ist demnach also auch gar nicht anzunehmen, dass eine Ausscheidung dieser Substanz durch die Kälte während des Filtrirens bewirkt worden sein sollte."

Ranvier[5] unterscheidet zwei Arten „freier Körner": die einen sind rund wie kleine Fettkügelchen, die anderen eckig oder von wechselnden Formen. Wasser verändert sie nicht. Jod und Rosanilinsulfat färbt sie, Carmin hingegen nicht. In diesen Reactionen, welche auch dem Fibrin zukommen, findet Ranvier die Bürgschaft dafür, dass die „freien Körner" keine Bruchstücke der rothen oder weissen Blutkörperchen sind und erklärt die eckigen Körner für kleine Fibrinmassen, „welche die Centren der Gerinnung darstellen, ebenso wie ein Krystall von Natriumsulfat, in eine Lösung desselben Salzes getaucht, den Ausgangspunkt der Krystallisation bildet". Diese Körner werden auch durch Jod und Anilinroth intensiver gefärbt. Ob sie im circulirenden Blute praeexistiren oder extravasculär entstehen, weiss er nicht zu entscheiden; er neigt sich der ersteren Auffassung zu.

Ausgedehnte Studien über diese Gebilde stellte Hayem[6] an. Er findet sie immer sofort nach dem Aderlass im Blute und hält sie deswegen für

---

[1] Laptschinsky, *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1874. S. 657.

[2] Osler und Schäfer, *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1873. S. 577. 1874. S. 258.

[3] Osler, Ueber den dritten Formbestandtheil des Blutes. *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1882 Nr. 30 S. 529.

[4] Alexander Schmidt, Ueber die Beziehung der Faserstoffgerinnung zu den Elementen des Blutes. Theil II. *Pflüger's Archiv.* Bd XI. 1875 S. 527 ff.

[5] L. Ranvier, *Technisches Lehrbuch der Histologie.* Leipzig 1888. S. 203 ff.

[6] Hayem, Recherches sur l'évolution des hématies dans le sang de l'homme et des vertébrès. *Archives de physiol. norm. et pathol.* II. Sér. Tom. V. 1878—79.

Derselbe, Des globules rouges à noyau dans le sang de l'adulte. *Archives de physiol. norm. et. pathol.* III. Sér. Bd. I.

Derselbe, Note sur les caractères et l'evolution des hématoblastes chez les ovipares. *Gaz. méd.* 1878. Nr. 2—4.

Digitized by Google

normale, im Blute praeformirte Elemente. Sie sind 40 mal zahlreicher als die weissen, $^1/_{20}$ der rothen Blutkörperchen, rund, etwas verlängert, biconcav, haemoglobinhaltig, flavescent, schwach gekörnt und schwach lichtbrechend. Ihr Durchmesser beträgt 1·5—4·5 μ. Sie finden sich bei allen oviparen Thieren; eine sie charakterisirende Eigenschaft ist eine starke Klebrigkeit, welche dazu Anlass giebt, dass sie leicht zu Haufen verschmelzen und auf diese Weise im entleerten Blutstropfen die Ranvier'schen Rosetten darstellen. Durch Zusammentreten mehrerer „Haematoblasten" bilden sich riesenzellenähnliche Körper. Sie entsenden Sarcodefortsätze und bilden häufig an ihrem Rande Vacuolen, wodurch ein Kern sichtbar wird. Im Kern sieht man einen Nucleolus und eine unregelmässige Streifung. Alsbald nach dem Austritt aus den Gefässen verlieren sie ihr Haemoglobin und nach einer halben Stunde zeigen sich in ihnen sehr stark lichtbrechende myelinähnliche Massen, welche vom Kern abstammen. Nach zwei Stunden sind sie ganz decomponirt — es bleiben nur die myelinähnlichen Massen, welche später der Fettdegeneration anheimfallen. Sie sind Vorstufen der rothen Blutkörperchen. In Jodserum und in einer von Hayem modificirten Pacini'schen Flüssigkeit halten sie sich gut. An der Gerinnung betheiligen sie sich activ. Hayem glaubt sogar, dass ohne die Haematoblasten und ohne deren Destruction eine Gerinnung unmöglich stattfinden kann.

In einem Falle hochgradiger essentieller Anaemie hat Leube[1] die Körnchenbildungen in auffallend grosser Menge beobachtet, während die Zahl der rothen Blutkörperchen bedeutend vermindert war. Von den grossen Conglomeraten ungefärbter, gekörnter Massen und von kleineren Häufchen nimmt das rasch entstehende Faserstoffnetz seinen Ausgang. Mit der Besserung des Zustandes der Patientin ging auch eine Abnahme der Körnchenhaufen Hand in Hand. Leube scheint sich Hayem's Auffassung von den Haematoblasten anzuschliessen.

Norris[1] findet im Blute von Säugethieren zahlreiche Gebilde (invisibles corpuscles), welche für gewöhnlich nicht sichtbar sind, weil sie denselben Brechungsindex haben wie das Blutserum. Sie sind scheibenförmig und biconcav. Die bekannten rothen Körnerkugeln Semmer's und Al. Schmidt's, welche als Uebergangsformen zwischen Leukocyten und rothen Blutkörperchen gelten, sind de facto nur Spaltungsproducte junger, gefärbter, biconcaver Körperchen, also Kunsterzeugnisse. Die späteren Autoren, Hayem, Bizzozero, Eberth und Schimmelbusch glauben, dass Norris

[1] W. O. Leube, Ein Fall von essentieller Anaemie mit übermässiger Entwicklung der Körnchenbildungen im Blute. *Berl. Klin. Wochenschrift.* 1879. Nr. 44. S. 653 ff.

[2] R. Norris, On the origin and mode of development of the morphological elements of mammalian blood. *Berichte der Birmingham Philosophical Soc.* 1879.

Digitized by Google

haemoglobinlose Stromata rother Blutkörperchen irrthümlicher Weise für neue Gebilde ausgab.

Im Jahre 1882 veröffentlichte Bizzozero[1] seine vielbesprochenen Untersuchungen über diese räthselhaften Gebilde. Er findet im **strömenden** Blute des Säugethieres neben den rothen und weissen Blutkörperchen dünne Plättchen mit parallelen Flächen, seltener linsenförmig, rund oder oval und 2—3 mal kleiner als die rothen Blutkörperchen. Sie sind farblos; grösstentheils finden sie sich im circulirenden Blute isolirt vor, manchmal jedoch auch zu Häufchen vereinigt. Die Häufchenbildung soll nach Bizzozero das Zeichen beginnender Alteration sein. Im extravasculären Blute sind sie sehr hinfällig — nach einigen Secunden sind sie schon alterirt und zu Haufen zusammengetreten. Sie werden zackig und nach einiger Zeit differenziren sie sich in eine blasse, homogene, farblose Kugel oder Halbkugel und eine körnige Masse. Diese Differenzirung weckt in Bizzozero den Gedanken, dass seine „Blutplättchen" eine Verbindung zweier ungleichartiger Substanzen darstellen. Diese Veränderungen der Plättchen fasst er als agonische Erscheinungen auf. Die Schultze'schen Körnchenhaufen sind keine Zerfallsproducte der Leukocyten, sondern „Abkömmlinge besonderer, im Blute praeformirter Elemente, der Blutplättchen". Als eine die Plättchenalteration verhindernde, sie gut conservirende Flüssigkeit empfiehlt Bizzozero eine mit Methylviolet (1 : 5000) gefärbte, 0·75 proc. Kochsalzlösung. Dieser Farbstoff, sowie Gentiana, Carmin, Pikrocarmin und Haematoxylin wird von den Plättchen nur wenig oder gar nicht aufgenommen. 20—22 proc. Magnesiumsulfatlösung und eine gesättigte Lösung von Natronsulfat conservirt sie, unter Einhaltung der erforderlichen Vorsichtsmaassregeln, sogar 24 Stunden. Die Plättchen sind kernlos. Sie bestehen aus einer blassen Substanz, welcher zerstreute Körnchen eingebettet sind.

Chemisch bestehen sie aus mindestens zwei verschiedenen eiweissartigen Substanzen, welche sich auch optisch von einander unterscheiden. Diese Ueberzeugung gewinnt man nach Bizzozero leicht bei der Betrachtung der Differenzirung dieser Gebilde zu der homogenen, zu einer Kugel aufgequollenen Masse und dem kleinen, körnigen, glänzenden Haufen, wie sie unter der Einwirkung der Methylsalzlösung, einer indifferenten und einer 10 proc. Kochsalzlösung schon nach 20 Minuten sehr schön zum Ausdruck gelangt. Noch intensiver als Kochsalz wirkt Wasser. Die hyaline Substanz wird auch durch die Gerinnung nicht alterirt. Diese

[1] Bizzozero, Ueber einen neuen Formbestandtheil des Blutes und dessen Rolle bei der Thrombose und der Blutgerinnung. *Virchow's Archiv.* Bd. XC. S. 261—332.

Derselbe, Blutplättchen und Blutgerinnung. *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1882. Nr. 2. S. 354.

Digitized by Google

Scheidung in zwei differente Massen wird auch durch andere Reagentien eingeleitet und zwar durch Essigsäure, auch wenn sie sehr verdünnt ist, concentrirte Lösungen von Natronbicarbonat und Magnesiumsulfat und Müller'sche Flüssigkeit; sie geht jedoch hier viel langsamer von statten.

In unmittelbarer Anlehnung an diese Beobachtungen spricht Bizzozero die Blutplättchen als chemisch complicirt constituirte Gebilde an und vermuthet in ihnen ausser den beiden „eiweissartigen" Substanzen, in welche sie sich leicht scheiden, noch mehrere Stoffe.

Bezüglich der Abstammung der Plättchen ergaben die Untersuchungen von Bizzozero kein positives Resultat; er glaubt jedoch, dass sie zur Destruction der Leukocyten in keinerlei genetischer Beziehung stehen.

Er sagt:[1]

„Sicher aber rühren sie nicht von einem Zerfalle der weissen Blutkörperchen her. Denn 1. besitzen sie eine typische und constante Form, während die Desagregationsproducte, die man von den weissen Blutkörperchen erhält, nur unregelmässige Körnchenhaufen darstellen; 2. ist ihre chemische Constitution verschieden. Um dies darzuthun, würde schon der Umstand genügen, dass die weissen Blutkörperchen, wie ich bereits oben betont habe, ausserhalb der Gefässbahn des lebenden Thieres sehr lange ihre Form und Contractilität bewahren, während die Plättchen sich in wenigen Augenblicken alteriren."

Auf der nächsten Seite discutirt Bizzozero Hayem's Anschauungen über die Abstammung der rothen Blutkörperchen von den Haematoblasten und citirt Hayem's Gründe, indem er ihnen, wie den seinigen, Ordnungszahlen vorausschickt:

„1. Die Aehnlichkeit ihrer äusseren Gestalt mit der der rothen Blutkörperchen; 2. ihre chemische Zusammensetzung, indem sie nach Hayem eben Haemoglobin enthalten sollen; 3. ihr Verhalten in verschiedenen krankhaften Zuständen, indem sie z. B. in der Restitutionsperiode nach einem Aderlasse zahlreicher werden sollen, um später, in dem Maasse als die Zahl der rothen Blutkörperchen wieder zunimmt, auf die normale Zahl zurückzusinken."

In beiden Deductionen handelt es sich um eine Frage aus derselben Sphaere: der genetischen Beziehung zweier morphologischer Elemente. Es stützen sich beide Beweise auf ganz dieselben Gründe; sowohl Bizzozero als Hayem machen sich die äussere Form und das chemische Verhalten zu Nutze, um einerseits verschiedenen, andererseits gemeinsamen Ursprung zu beweisen. Dieselben Argumente sind mit denselben Zahlen versehen.

[1] l. c. S. 283.

Digitized by Google

Hayems Beweis ist um so vollständiger, als er noch einen dritten Grund aufzuweisen hat, welcher demjenigen Bizzozero's fehlt.

Trotz alledem ist Bizzozero mit Hayem's Beweisart gar nicht einverstanden und äussert sich u. a. wie folgt:[1]

„Man läuft Gefahr in arge Missgriffe zu verfallen, wenn man auf das blosse Merkmal der Form ein übergrosses Gewicht legt .... In genetischer Hinsicht aber kann die Aehnlichkeit der Form höchstens auf mancherlei analoge Entwickelungsbedingungen hindeuten, jedoch nicht auf gemeinsamen Ursprung oder gegenseitige Ableitung."

Er entwerthet so die Beweiskraft des Hayem'schen Argumentes und scheint dabei vollständig zu vergessen, dass ihm zwei Seiten vorher dasselbe und fast nur dasselbe Argument hierzu gedient hat, seine Anschauung als „sicher" hinzustellen. Auch mit der Differenz im chemischen Verhalten der Plättchen und Leukocyten steht es nicht besser; denn sind die Plättchen Zerfallsproducte der Leukocyten, so ist auch die Annahme gestattet, dass sie sich als nekrotische Produkte leichter weiter alteriren als ihre Stammeltern.

In dem nachfolgenden Theile seiner Arbeit sucht er die nahen Beziehungen der Plättchen zur Thrombosis und Gerinnnng darzuthun; Schmidt's Theorie, nach welcher die Fibringerinnung und ein massenhafter Zerfall der Leukocyten zwei eng mit einander verkettete Processe sind, wird in Abrede gestellt.

„Die Hauptrolle bei der Blutgerinnung fällt den Blutplättchen und nicht den weissen Blutkörperchen zu."[2]

Niemals konnte Bizzozero einen Leukocyten bei dem Gerinnungsprocesse zerfallen sehen. Diese Behauptung wundert mich bei einem so ausgezeichneten Beobachter um so mehr, als ich schon zur Zeit, wo mir die Gerinnungsfrage noch ganz fern lag und ich nur die morphologische Structur des Blutes studirte, im extravasculären Blutstropfen zu wiederholten Malen direct zerfallende Leukocyten beobachtet habe.

Eine weitere ausführliche Darstellung und Kritik der Ansichten Bizzozero's scheint mir überflüssig, da dieselben, soweit sie hier in Betracht kommen, schon von Rauschenbach[3] widerlegt sind.

Fano[4] will, gestützt auf Versuche an Peptonplasma und Lymphe, welche plättchenfrei waren und trotzdem bei Zusatz von Wasser oder Kohlen-

[1] l. c. S. 285.

[2] l. c. S. 324.

[3] Rauschenbach, Ueber die Wechselwirkungen zwischen Protoplasma und Blutplasma. Mit einem Anhang betreffend die Blutplättchen von Bizzozero. *Inaug.-Diss.* Dorpat 1882.

[4] Fano, *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1882. S. 210.

Digitized by Google

säure gerannen, der dominirenden Bedeutung dieser Gebilde für die Faserstoffbildung keine Anerkennung zollen. Die Knotenpunkte des Fibrinnetzes aus dem peptonisirten Plasma werden in überwiegender Anzahl von den Leukocyten dargestellt. Diese Befunde gestatten Fano zu behaupten, dass im Peptonblute den Leukocyten die fibrinerzeugende Function zukommt. Bizzozero[1] betrachtet Fano's Ausführungen für nicht stichhaltig und bleibt seinen älteren Ueberzeugungen treu.

Die Gesichtspunkte, aus welchen Alexander Schmidt und seine Schüler die Gerinnungsfrage betrachten, lassen leicht den Standpunkt errathen, welchen sie in der Plättchenfrage einnehmen: sie nehmen an, dass in dem sogenannten „dritten Formbestandtheil des Blutes" blos Zerfallsproducte der Leukocyten zu suchen sind.

So zeigt Heyl[2] durch ausgedehnte Zählungsversuche der Leukocyten des Pferdeblutes vor und nach der Gerinnung, dass die Zahl sämmtlicher Leukocyten einen Schwund von 71·3 % erleidet, während die Zählung der rothen Blutkörperchen einen Verlust von bloss 30 % erwies. Im Magnesiumsulfatplasma schrumpft nach dem Defibriniren die Menge der Leukocyten im Mittel um 44·1 %. Er beobachtet ferner Körnchen, welche als Trümmer der Leukocyten aufzufassen sind.

In objectiver Weise untersucht Rauschenbach[3] diese Streitfrage. Für die Gerinnungsfrage ist es vollkommen gleichgiltig, ob die Plättchen selbständige Formelemente darstellen oder ob sie Leukocytenabkömmlinge sind. Die Hauptfrage ist die, ob die Plättchen protoplasmatische Gebilde sind. Bizzozero's Gerinnungsversuchen benimmt Rauschenbach jeden positiven Werth, obwohl er in der Voraussetzung, dass die Plättchen thatsächlich aus Protoplasma bestehen, ihr caogulatives Vermögen vorläufig nicht bestreitet. Jedenfalls vindicirt er den Leukocyten die Hauptrolle bei der Faserstoffbildung.

Slevogt[4] und Feiertag,[5] ebenfalls Schüler Alexander Schmidt's, lassen die Plättchen aus dem Zerfalle der von Semmer und Schmidt beschriebenen rothen Körnerkugeln entstehen. Die groben Körner lösen sich im Plasma allmählich auf.

---

[1] J. Bizzozero, Blutplättchen im peptonisirten Blute. *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1883. Nr. 30. S. 529.

[2] N. Heyl, Zählungsresultate, betreffend die farblosen und die rothen Blutkörper. *Inaug.-Diss.* Dorpat. 1882.

[3] l. c.

[4] Fed. Slevogt, Ueber die im Blute der Säugethiere vorkommenden Körnchenbildungen. *Inaug.-Diss.* Dorpat. 1883.

[5] H. Feiertag, Beobachtungen über die sog. Blutplättchen. *Inaug.-Diss.* Dorpat. 1883.

Digitized by Google

Weigert[1] schliesst sich der Auffassung der Dorpater Schule an.

Von mikroskopischen Untersuchungen ausgehend, stellt sich auch Hlava[2] auf die Seite Schmidt's und seiner Schüler und giebt der Vermuthung Raum, „dass manche scheibenförmige Blutplättchen vielleicht die frei gewordenen Kerne (der Leukocyten) sind, die allerdings, als in der Nekrose begriffen, sich schwächer färben." An Bluttrockenpraeparaten findet er, dass sich die Kerne der polynucleären Leukocyten ungleichmässig tingiren: die einen stärker, die anderen schwächer. Mit fortschreitender Gerinnung verlieren sie allmählich ihre Tinctionsfähigkeit. Diesem einzigen Befunde Hlava's folgt der Schluss:[3] „Blutplättchen entstehen nicht nur in vita, sondern auch bei der Gerinnung aus dem Zerfalle der weissen Blutkörperchen, und manche von den scheibenförmigen Blutplättchen könnten als absterbende Kerne der polynucleären weissen Blutkörperchen angesehen werden." Die von Hlava beobachteten Thatsachen dürfen wohl kaum als genügende Begründung dieses Schlusses betrachtet werden.

Nach Halla[4] bilden sich die Plättchen nur im circulirenden Blute und zwar aus den Leukocyten.

So war die Frage nach der chemischen Beschaffenheit dieser räthselhaften Gebilde über derjenigen nach ihrer Abstammung in Vergessenheit gerathen, bis sie wieder von Loewit[5] aufgenommen wurde. In der ersten Mittheilung sucht er an plättchenfreier Kaninchenlymphe zu zeigen, dass die Gerinnung auch ohne Anwesenheit dieser Elemente zu Stande kommen kann, dass aber die Leukocyten hierzu unbedingt erforderlich sind. In der zweiten fasst er die Frage nach der Abstammung, Structur und chemischen Constitution der Plättchen in's Auge. Die Befunde, dass mit der Aenderung der Concentration der Salzblutlösungen ($MgSO_4$, Na_2SO_4

[1] Weigert, Die neuesten Arbeiten über die Blutgerinnung. *Fortschritte der Medicin.* 1883.

[2] Jaroslav Hlava, Die Beziehung der Bluttplättchen Bizzozero's zur Blutgerinnung und Thrombose. Ein Beitrag zur Histogenese des Fibrins. *Archiv f. exper. Pathol. und Pharmakol.* XVII. 1883. S. 392—418.

[3] l. c. S. 409.

[4] A. Halla, Ueber Haemoglobingehalt des Blutes und die quantitativen Verhältnisse der rothen und weissen Blutkörperchen bei acuten fieberhaften Krankheiten. *Zeitschr. f. Heilk.* Bd. IV.

[5] M. Loewit, Beiträge zur Lehre von der Blutgerinnung. Erste Mittheilung. Ueber das coagulative Vermögen der Blutplättchen. *Sitzungsber. der K. Akad. der Wiss. zu Wien.* III. Abth. Aprilheft 1884. Bd. LXXXIX.

Derselbe, Beiträge zur Lehre von der Blutgerinnung. Zweite Mittheilung. Ueber die Bedeutung der Blutplättchen. *Sitzungsber. der K. Akad. der Wiss. zu Wien.* III. Abth. Juliheft 1884. Bd. XC.

Digitized by Google

und NaCl) Schwankungen in der Zahl der Plättchen einhergehen und dass im Hunde- oder Kaninchenblute, welches in 10 proc. Kochsalzlösung aufgefangen wird, nur wenige, vereinzelte und in solchem, welches in einer NaCl-Lösung von 12—25 % aufgefangen wurde, gar keine Plättchen aufzufinden sind, legen Loewit den Gedanken nahe, dass die Plättchen keine im Blute praeformirten Gebilde sind. Um eine Auflösung der Plättchen in den betreffenden Salzlösungen handelt es sich nach Loewit's Ansicht einfach darum nicht, weil man bei Uebertragung der Plättchen mittels Glaswollfäden aus stark salzhaltigem in schwach salzhaltiges Blut keine Auflösung der Plättchen in erheblichem Maasse constatiren kann.

Diese Beweisführung kann ich nicht anerkennen, da die Einwirkung von Salzlösungen und im Speciellen von Kochsalz die Löslichkeit protoplasmatischer Gebilde sehr verändern kann.

Um nun die chemische Beschaffenheit der Plättchen zu erforschen, stellt er folgende Reactionen an:

Bei Behandlung der Plättchen mit verdünnten Salzlösungen (0·4—2 proc. NaCl- und 1—5 proc. $MgSO_4$-Lösung) differenziren sich die Plättchen zu einer homogenen und einer körnigen Substanz. Nur die körnige Substanz ist in hervorragender Weise tinctionsfähig.

Wird nach längerer Behandlung die verdünnte Kochsalzlösung durch eine 10 proc. ersetzt, so löst sich die homogene Substanz auf, während die körnige darin unlöslich ist.

Die homogene Substanz scheint auch in verdünnten Säuren (0·2 % HCl) löslich zu sein.

Er bestätigt den Befund von Laker, nach welchem die Plättchen in verdünnten Alkalien löslich und in Wasser unlöslich sind.

In concentrirteren Salzlösungen (2—3 % NaCl und 5—10 % $MgSO_4$) schrumpfen die Plättchen. Obwohl diese Reactionen (theilweise Löslichkeit der homogenen Substanz in 10 proc. Kochsalzlösung und in verdünnten Säuren und Alkalien) „die Annahme nahe zu legen scheinen, dass diese Substanz in naher Beziehung zu den Globulinsubstanzen stehe," so konnte ein entscheidender Spruch noch nicht gefällt werden. Loewit schlägt also einen anderen Weg ein. In dem fermentfreien Salzplasma vom Hund und Kaninchen (erhalten durch Auffangen des arteriellen Blutes in 28 Procent $MgSO_4$ im Verhältniss von 3:4—4·5 und nachherige Abkühlung[1]) erscheinen bei richtiger Handhabung alle Plättchen als rundliche, vollkommen homogene Gebilde. Es ist dies für Loewit Grund genug anzunehmen, dass die Granulirung der Plättchen der Ausdruck einer morphologischen und chemischen Alteration sei.

[1] Loewit, Erste Mittheilung. S. 296 ff.

Digitized by Google

Diese homogenen Plättchen behalten in 10 procentiger Kochsalzlösung ihr homogenes Aussehen bei, lösen sich jedoch bei Erwärmen in derselben rasch auf; körnige Plättchen bleiben ungelöst. In verdünnten Säuren und Alkalien sind die homogenen Plättchen leichtlöslich, in Wasser unlöslich, aber quellbar. In concentrirten Salzlösungen sind die homogenen Plättchen unlöslich, sie schrumpfen dann und bekommen stärkeres Lichtbrechungsvermögen. Bei einzelnen erhält sich das homogene Aussehen. Längere Einwirkungen der concentrirten Salzlösungen (5—10 Stunden), namentlich des kohlensauren und phosphorsauren Natrons ruft einen grobkörnigen Zerfall der Plättchen hervor.

Diese Reactionen sind für Loewit genug beweiskräftig, um folgende Diagnose stellen zu können:[1] „Die homogenen Plättchen aus dem fermentfreien Salzplasma müssen als eine Globulinsubstanz aufgefasst werden, wobei es vorläufig noch unentschieden bleibt, ob die beiden Globulinsubstanzen des Blutes oder nur eine derselben in die Zusammensetzung der Blutplättchen eingehen."

Versuche am fermentfreien Salzplasma geben Loewit auch Aufschluss über die Ursache der „chemischen und morphologischen Alteration" der Plättchen.[2] „Die Plättchen behalten solange ihre homogene Beschaffenheit, als unter dem Einfluss der angewandten Methode die Fermententwickelung in dem Salzblute hintangehalten werden konnte. Mit dem Eintritte derselben tritt an dem anfangs homogenen Plättchen zunächst eine feine Granulirung hervor. Später wird die Körnung dichter. . . ." Das Erscheinen der Granulirung an den Plättchen bringt also Loewit in Zusammenhang mit dem Auftreten des Fibrinfermentes im Blute. Die körnige Substanz ist in 10 procentiger Kochsalzlösung und in verdünnten Säuren nicht mehr löslich; in verdünnten Alkalien ist sie noch löslich. „Es ist mithin aus dem Globulin der Blutplättchen ein dem Fibrin (?) sehr nahe stehender Eiweisskörper entstanden, der sich von demselben nur (?) durch eine grössere Löslichkeit in verdünnten Alkalien unterscheidet." In Versuchen an Peptonblut, welche denen am Salzplasma analoge Resultate ergaben, und an künstlichen Globulinniederschlägen, welche durch Auflösung von Harnstoffkrystallen in Paraglobulinlösung und nachheriges Ausfällen mit pulverisirtem Magnesiumsulfat gewonnen, nicht das ihnen unter normalen Bedingungen zukommende, körnige Ansehen haben, sondern aus Tropfen und Scheibchen von 2—5 μ Durchmesser bestehen und die erwähnten Plättchenreactionen geben, sieht Loewit eine weitere Stütze für seine Anschauung.

Das Schlussresultat lautet:[3] „Die Blutplättchen sind als scheibchen-

[1] l. c. S. 102, 103.
[2] l. c. 103.
[3] l. c. S. 124.

Digitized by Google

oder tropfenförmige, aus Globulin bestehende Gebilde aufzufassen." Er schlägt für sie den Namen: „Globulinplättchen" vor.

Anderen Ortes sagt er noch:[1] „Die Substanz der Plättchen muss wahrscheinlich dem Para- oder Serumglobulin zugezählt werden."

Gegenüber diesen Anschauungen ist folgendes zu bemerken:

1. Der Begriff „Globulin" gründet sich auf die Löslichkeitsverhältnisse und nicht auf die chemische Zusammensetzung der Eiweisskörper. Der Globulin-Zustand ist ähnlich wie der coagulirte Zustand, verschiedenartigen Eiweisskörpern gemeinsam, z. B. zeigen sowohl das phosphorfreie Paraglobulin, wie das phosphorhaltige Vitellin die Eigenschaften der Globuline. Die Bezeichnung: „Globulin" sagt also über die chemische Natur eines Eiweisskörpers nur wenig aus.

2. Die Annahme, dass die Plättchen aus Paraglobulin oder Fibrinogen bestehen, ist unbegründet, da nicht einzusehen ist, wodurch diese im Blutplasma gelösten Substanzen veranlasst werden sollten, sich als solche auszuscheiden. Diese Annahme ist auch nicht im Stande, die charakteristische Umwandlung unter Bildung der körnigen und homogenen Substanz zu erklären.

3. Endlich ist hervorzuheben, dass Loewit diejenigen Reactionen, auf welche er seine Schlüsse aufbaut, nur an den Plättchen erhielt, welche vorher der Einwirkung von Salzlösungen ausgesetzt waren. Es lässt sich nicht ermessen, welchen Einfluss die Salzlösung auf diese zarten Gebilde ausübt.

Ich glaube daher nicht, dass durch die mikrochemischen Untersuchungen von Loewit ein Aufschluss über die chemische Natur der Plättchen gegeben ist; ich halte es sogar für wahrscheinlich, dass die Plättchen wie alle organisirten Gebilde nicht allein aus Eiweiss bestehen, sondern dass sie auch andere primäre Stoffe enthalten. Gewisse Stoffe eiweissartiger oder nicht eiweissartiger Natur, welche sich in Salzlösungen u. s. w. nicht lösen (z. B. Keratin, Fett), sind nach den Untersuchungen Loewit's als Bestandtheile der Plättchen ausgeschlossen.

Die Argumentation mit Form- und Reactionsanalogien zwischen den Plättchen und den durch Loewit künstlich erzeugten Paraglobulinniederschlägen wurden von Laker[2] entkräftet. Er zeigte, dass der Salzgehalt des normalen Blutes schon geeignet ist, die Globulinniederschläge gänzlich aufzulösen; wenn er nämlich zu einem Tropfen der Flüssigkeit,

[1] l. c. S. 130.

[2] Carl Laker, Beobachtungen an den geformten Bestandtheilen des Blutes. *Sitzb. der Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien.* III. Abth. Bd. XCIII. 1886. S. 13. ff.

Digitized by Google

welche den Globulinniederschlag enthält, einen kleinen Tropfen seines eigenen Blutes zusetzt, so werden die Niederschläge gleich gelöst.

In einer späteren Publication macht uns Loewit[1] mit der interessanten Beobachtung bekannt, dass im Blute, welches man in einer Oelschicht auffängt, bei vorsichtiger Handhabung, keine Plättchen aufzufinden sind. Der kleinste Insult, z. B. das Berühren mit einem Haar, hat aber ihr Auftreten zur Folge. Die Plättchen sollen danach keine praeformirten Bestandtheile des Blutes sein.

Laker[2] hält die Plättchen für praeformirte Elemente. Auch er fasst das Auftreten der Körnchen als beginnende Decomposition der Plättchen auf. Sie sind Anfangs ganz homogene Kugeln oder Scheiben, welche rasch der „sternförmigen Verschrumpfung" anheimfallen. Er macht uns auch mit der Eigenschaft der Plättchen bekannt, sich in 35 % Kalilauge längere Zeit zu conserviren, während sie verdünnte Kalilauge auflöst.

Die späteren Arbeiten auf diesem Gebiete brachten meines Wissens in chemischer Hinsicht nicht viel Neues. Zu erwähnen sind noch Affanassiew,[3] welcher sich mit kleinen Modificationen der Auffassung von Hayem anschliesst und Eberth und Schimmelbusch,[4] welche in einem grösseren, descriptiv sehr lehrreichen Werke vermittels einer neuen Methode der Beobachtung des circulirenden Blutes es zu beweisen suchen, dass die Plättchen praeformirte Gebilde sind. Sie wollen nicht zugeben, dass die Plättchen aus Globulin bestehen und dass ihre Alteration mit der Gerinnung in irgend welcher Beziehung stände. Daran knüpfen sie die Beobachtung, dass die Plättchen es sind, welche extravasculär vor allen anderen Elementen des Blutes der Alteration anheimfallen, während sie intravasculär — sie fanden das an ausgeschnittenen Stücken aus dem Mesenterium des Kaninchens — manchmal viel widerstandsfähiger, als

---

[1] M. Loewit, Ueber die Praeexistenz der Blutplättchen und die Zahl der weissen Blutkörperchen im normalen Blute des Menschen. *Virchows Archiv.* CXVII. 1889. S. 345.

[2] C. Laker, Studien über die Blutscheibchen und den angeblichen Zerfall der weissen Blutkörperchen bei der Blutgerinnung. *Sitzb. d. K. Akad. d. Wiss. zu Wien.* III. Abth. Bd. LXXXVI. S. 173.

Derselbe, Die ersten Gerinnungserscheinungen des Säugethierblutes unter dem Mikroskop. *Ebendaselbst.* Bd. XC. 1884. S. 147.

Derselbe, Beobachtungen an den geformten Bestandtheilen des Blutes. *Ebendaselbst.* Bd. XCIII. S. 21. 1886.

[3] Affanasiew, Ueber den dritten Formbestandtheil des Blutes etc, *Archiv für klin. Medicin.* 1884. Bd. XXXV. S. 217—253.

[4] C. J. Eberth und C. Schimmelbusch, Die Thrombose nach Versuchen und Leichenbefunden. Stuttgart. 1888.

Digitized by Google

die weissen und rothen Blutkörperchen sind. In 1 proc. Osmiumsäure halten sich die Plättchen sehr gut, verdünnte Essigsäure (2 Tropfen auf 50 ccm Wasser) löst sie. Die Plättchen sind zusammengesetzte protoplasmatische Gebilde und nicht einfach Fibrin- oder Globulinpartikel. Eine active Rolle bei der Gerinnung kommt ihnen nicht zu; das Fibrin scheidet sich in krystallartigen Nadeln aus. Im folgenden Theile der Arbeit befassen sich Eberth und Schimmelbusch mit der Betheiligung der Plättchen an der Thrombose. Im Amphibien-, Fisch- und Vogelblut übernehmen die Functionen der Plättchen die Spindelzellen.

Loewit[1] wendet sich gegen die Auffassung Eberth's und Schimmelbusch's und hält an seinen früheren Anschauungen fest.

Auf Grundlage dieser concisen und sicher unvollständigen Schilderung der Geschichte dieser räthselhaften Elemente, ist es wohl nicht möglich, sich einen befriedigenden Begriff von der Genesis und chemischen Beschaffenheit der Plättchen zu bilden. Die einen Forscher läugnen ihre Abstammung von den Leukocyten, weil man sie nicht sehen und beweisen kann, die Anderen behaupten sie, obwohl man sie nicht sehen und beweisen kann. Ranvier hält die Plättchen für Fibrin, Loewit für Globulin, Bizzozero sieht in ihnen zwei oder auch mehrere Substanzen und Hayem spricht sie als kernhaltige, entwickelungsfähige Zellen, also als ausserordentlich complicirt organisirte Gebilde an.

Dem Referat über meine Untersuchungen erlaube ich mir, einige Worte über das Nuclein vorauszusenden.

B. Ueber das Nuclein.

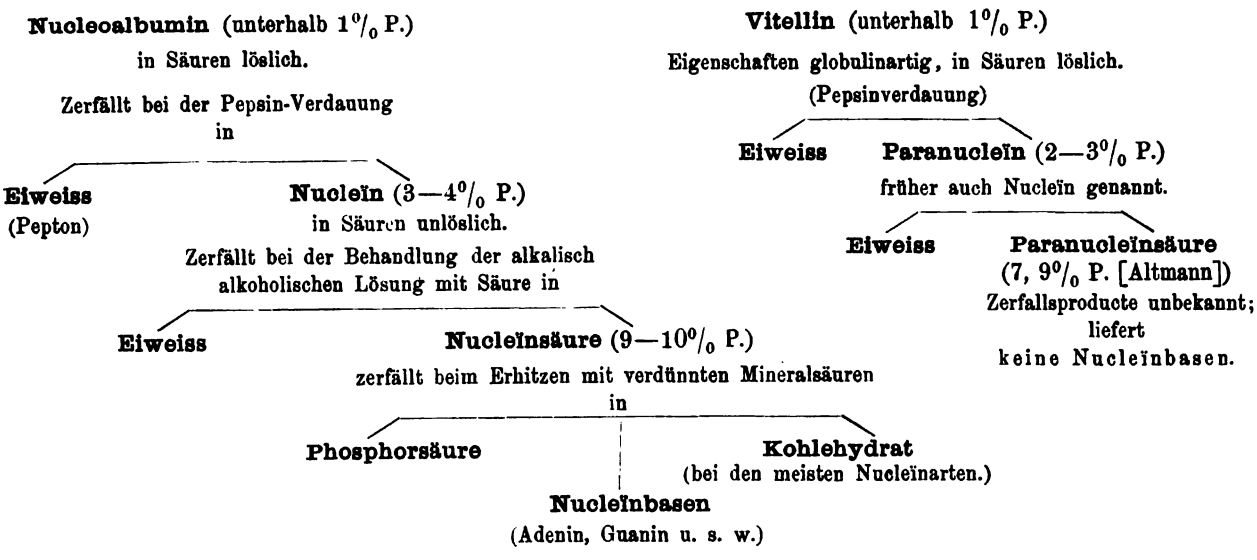
Wie die endgiltige Trennung von Karyoplasma und Cytoplasma als zweier morphologisch, physikalisch-chemisch und wahrscheinlich auch physiologisch different charakterisirter Gebilde zur grundlegenden Directive für die neueren biologischen Untersuchungen wurde, ebenso muss als die vornehmste Grundlage für die Erforschung der Lebensprocesse die scharfe Sonderung der wesentlichen von den unwesentlichen Bestandtheilen der Zelle, oder, allgemeiner gesprochen, derjenigen Atomcomplexe, an welche das Leben und die Fortpflanzung gekettet ist von denjenigen, welche für das Leben nicht unbedingt erforderlich sind, gelten. Kossel[2], welcher

[1] M. Loewit, Ueber Blutplättchen und Thrombose. *Fortschritte der Medicin.* 1888. Mai. Nr. 10.

[2] A. Kossel. Ueber die chemische Zusammensetzung der Zelle. Vortrag gehalten in der physiologischen Gesellschaft zu Berlin am 30. Januar 1891. *Dies Archiv.* 1889. S. 524.

Derselbe: *Gewebelehre*, Braunschweig 1891. Bd. II. S. 49 ff.

Digitized by Google



Archiv f. A. u. Ph. 1893. Physiol. Abthlg. 9

Digitized by Google

diese Trennung vollzog, bezeichnet die wesentlichen, in der entwicklungsfähigen Zelle nie fehlenden Stoffe als primäre, die übrigen als secundäre Bestandtheile der Zelle.

Zu den primären Stoffen gehören nach Kossel: 1. Die Eiweisskörper und die Nucleïne. 2. Die Lecithine. 3. Die Cholesterine. 4. Die anorganischen Stoffe.

Mit dem Namen „Nucleïn" werden sehr viele Substanzen bezeichnet, welche von einander grundverschieden sind. Auch sind die wechselseitigen Beziehungen von Nucleoalbumin, Nucleïn und Nucleïnsäure vielfach Gegenstand von Missverständnissen gewesen. Bevor ich meine Beobachtungen, welche diese Substanzen betreffen, darthue, muss ich darlegen, was ich unter dem Nucleïn verstehe.

Eine gute und klare Definition dieses Körpers thut Noth und ist nicht leicht zu geben. Als ich ihn um seinen Rath ersuchte, hatte Hr. Professor Kossel die Güte, mich durch die Mittheilung eines neuen, bisher unbekannten Schema's zu belehren und stellte mir dasselbe für vorliegende Arbeit freundlichst zur Verfügung. (S. vorige Seite.) Dieses Schema giebt — dem heutigen Stand der Wissenschaft gemäss — die beste und kürzeste Definition des Nucleïns und wirft ein helles Licht auf das scheinbar unklare gegenseitige Verhältniss der beiden phosphorhaltigen Proteïde, des Nucleïns und des Vitellins, von denen das eine für den Zellkern, das andere für den Zellenleib charakteristisch ist.

Das Nucleoalbumin zerfällt durch Pepsinsalzsäure in Eiweiss und Nucleïn. Das Eiweiss geht allmählich als ein peptonartiger Körper in die Lösung über und der Bodensatz besteht aus Nucleïn. Das Nucleïn ist nun wiederum aus zwei chemischen Gruppen zusammengefügt, deren eine ein Eiweiskörper ist, während die zweite als „Nucleïnsäure" bezeichnet wird. In alkalischer Lösung kommt eine Dissociation des Nucleïns in seine beiden Componenten zustande; durch Zusatz von Mineralsäure wird die Verbindung regenerirt. Säuert man jedoch die alkalische Nucleïnlösung schwach mit Essigsäure an, so wird das Eiweiss niedergeschlagen und die Nucleïnsäure kann jetzt im Filtrat durch Alkohol und Salzsäure ausgefällt werden.[1] Auch aus Eiweiss und Nucleïnsäure kann das Nucleïn regenerirt werden, durch Zusammenbringen einer Eiweisslösung und einer essigsauren Lösung von Nucleïnsäure. Die Nucleïnsäure ist eine mehrbasische Säure, welche sich durch hohen Phosphorgehalt auszeichnet. Miescher[2] hat für die

---

[1] R. Altmann, Ueber Nucleïnsäuren. *Dies Archiv.* 1889.

[2] F. Miescher, Die Spermatozöen einiger Wirbelthiere. Ein Beitrag zur Histochemie. *Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel.* VI. Heft. 1874. S. 30 des Separatabdruckes.

Digitized by Google

Nucleïnsäure die Formel $C_{29} H_{49} N_9 P_3 O_{22}$ berechnet. (Miescher's Nucleïn des Lachssperma's ist nach Altmann Nucleïnsäure). Durch Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure spaltet sich die Nucleïnsäure in Phosphorsäure und die vier stickstoffhaltigen und sauerstoffarmen Nucleïnbasen: Adenin Hypoxanthin, Guanin und Xanthin. In dem sauerstoffreichen Rest, welcher nach Abspaltung der Phosphorsäure und der Nucleïnbasen zurückbleibt, ist — wie Kossel[1] neuerdings gefunden hat — in den meisten Fällen eine Substanz aus der Gruppe der Kohlehydrate nachzuweisen.

Das phosphorreiche Proteïd des Cytoplasma's, das Vitellin, hat viele Analogieen mit dem Nucleoalbumin und anderen Eiweisskörpern aufzuweisen. Sein „Paranucleïn" unterscheidet sich jedoch von dem Nucleïn dadurch, dass es zwischen seinen Spaltungsproducten die stickstoffhaltigen Basen nicht aufzuweisen hat. Die Paranucleïnsäure eines Vitellins und zwar des „Ichthulins" der Karpfeneier giebt nach Walter[2] ein Kohlehydrat. An anderen Vitellinen wurden hierauf bezügliche Untersuchungen noch nicht angestellt. In der nicht allzu kühnen Voraussetzung, dass alle Vitelline ein Kohlehydrat abspalten, haben wir in diesem Funde die Anwartschaft auf ein scharfes Unterscheidungsmerkmal der Vitelline von anderen Eiweisskörpern, im Speciellen von den Globulinen des Blutplasma's erreicht.

Die Nucleoalbumine sind in alkalischer Flüssigkeit zum Theil löslich, zum Theil zu einer zähen, schleimigen Masse quellbar. Durch Einwirkung von Pepsinchlorwasserstoffsäure geht aber diese Eigenschaft nach und nach verloren.

Die allgemeinen Reactionen der Nucleïne sind folgende: In Alkohol und Aether sind sie unlöslich, fast unlöslich in Wasser, unlöslich in verdünnten Mineralsäuren; von Pepsinsalzsäure sind sie sehr schwer angreifbar. Hingegen sind sie leicht löslich in verdünnten Lösungen kaustischer Alkalien, Ammon, concentrirter Salzsäure und concentrirter Salpetersäure. Im frisch gefällten Zustand sind sie löslich in Soda und phosphorsaurem Natron; bei längerem Stehen nicht mehr. Kochsalzlösungen bewirken eine eigenthümliche Aufquellung zu sehr zähen Gallerten. Mit Jod geben sie Gelbfärbung, mit Millon's Reagens Rothfärbung. Die durch die verdünnten alkalischen Flüssigkeiten bewirkte Quellung wird durch Säurezusatz wieder aufgehoben.

Miescher[3] fand, dass die aus den Kernen der Eiterzellen isolirte

[1] A. Kossel, Ueber die chemische Zusammensetzung der Zelle *Vortrag gehalten in der physiologischen Gesellschaft zu Berlin*, am 30. Januar 1891. *Dies Archiv, Physiol. Abth.* 1889. S. 524.

[2] *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. XV. S. 477.

[3] F. Miescher, Ueber die chemische Zusammensetzung der Eiterzellen. *Hoppe-Seyler's med.-chemische Untersuchungen.* IV. Heft. 1871. S. 453.

Digitized by Google

Masse durch Kochsalzlösungen nur etwas aufquillt, während z. B. das Nucleïn aus den Spermatozoën augenblicklich zu einem durchscheinenden schleimigen Gallertklumpen, der sich fast mit der Scheere schneiden lässt, aufquillt.[1]

In den Zellkernen kommt das Nucleïn wahrscheinlich in Verbindung mit Eiweiss, also als Nucleoalbumin, vor. Es ist aber durch viele Erscheinungen und besonders durch die Entdeckung einer peptonartigen Substanz in den Kernen der rothen Blutkörperchen des Vogelblutes durch Kossel,[2] welcher er den Namen Histon verliehen hat, auch dem Gedanken Raum geschaffen, dass vielleicht in bestimmten Fällen das Nucleoalbumin noch seinerseits mit Eiweiss in Verbindung stehen könne.

Auf eine wichtige Eigenthümlichkeit des Nucleïns hat auch Miescher[3] hingewiesen: Eine chemische Beweglichkeit im ungelösten Zustand, ohne dass sich etwas von dem Nucleïn aufzulösen braucht; es können Stoffe mit der Basicität eines höheren Ranges andere mit der eines niedrigeren im Nucleïn ersetzen. Scheinbar ganz indifferente Substanzen rufen tiefgehende Umwälzungen in den Verbindungsverhältnissen der Nucleïne hervor. (Kochsalz).

Neben diesem Nucleïn erhielt auch Miescher[4] durch Extraction der mit verdünnter Salzsäure oder mit Alkohol und Pepsinverdauung behandelten Kerne der Eiterzellen mit verdünnten Sodalösungen noch einen anderen Körper. Der grössere Theil der Substanz blieb dann ungelöst zurück; er war aber in kaustischen Alkalien, wenn auch langsam, löslich. Miescher nennt diesen Körper „schwer lösliches Nucleïn". Die mikrochemischen Untersuchungen von Zacharias[5] haben es wahrscheinlich gemacht, dass Mieschers „schwer lösliches Nucleïn" vielleicht mit einem Stoffe identisch ist, welchen Reinke[6] im Aethalium septicum auffand und mit dem Namen Plastin belegte. Dies Plastin ist jedenfalls noch eine etwas fragwürdige Substanz.

Andere „schwer lösliche Nucleïne" kommen auch in verschiedenen Zellkernen und in gewissen Spermatozoën vor.

---

[1] Miescher, Ueber die Spermatozoën u. s. w. S. 13.

[2] A. Kossel, Ueber einen peptonartigen Bestandtheil des Zellkernes. *Zeitschrift für phys. Chemie.* Bd. VIII. Heft 6. 1884. S. 511 ff.

[3] F. Miescher, Ueber die Spermatozoën etc. S. 32. ff.

[4] F. Miescher, Ueber d. chem. Zus. d. Eiters. S. 454–456.

[5] E. Zacharias, Ueber den Zellkern. *Bot. Zeitg.* 1882. Nr. 37—39.

Derselbe, Beiträge zur Kenntniss des Zellkerns und der Sexualzellen. *Ebendaselbst.* 1887. Nr. 18—24.

Derselbe, Ueber Eiweiss, Nucleïn und Plastin. *Bot. Zeitung.* 1883. Nr. 13.

[6] F. Reinke und H. Rodewald, Studien über das Protoplasma. Berlin. 1881. S. 159. ff.

Digitized by Google

C. Untersuchungsmethoden.

Die nachfolgenden Untersuchungen wurden grundsächlich mit Menschenblut von vollkommen gesunden Individuen angestellt. Es handelte sich mir in erster Linie um die Feststellung der chemischen Beschaffenheit der Plättchen im Menschenblute. Immerhin wurden die Reactionen auch am Kaninchenblute nachgeprüft. Verdaut wurde das Blut sowohl im Brütofen als auch direct unter dem Mikroskop. Als Verdauungsflüssigkeit diente mir ein klar filtrirtes, mit 10 ccm rauchender Salzsäure auf 1 Liter Wasser bereitetes Extract aus Schweinemagen. Der künstliche Magensaft war immer frisch; circa alle zwei Tage wurde ein frisches Extract bereitet.

Der Blutstropfen wurde entweder im hängenden Tropfen oder in der feuchten Kammer (nach Ranvier oder F. E. Schultze) der Verdauung unterworfen. Auf die sorgfältig gereinigte, mit Alkohol und Aether getrocknete Fingerkuppe brachte ich einen grossen Tropfen der Pepsinsalzsäure und stach mit einer desinficirten, sauberen Lancettnadel die Fingerbeere durch den Flüssigkeitstropfen an. Auf diese Weise erzielte ich eine vollständige und sofortige Vermischung des Blutstropfens mit der Verdauungsflüssigkeit. Dann wurde der Tropfen mit einem grossen, runden Deckgläschen aufgefangen und letzteres vorsichtig mit den Rändern auf ein zu diesem Zwecke entsprechend gewähltes, ziemlich tiefes Glasnäpfchen gelegt, auf dessen Boden sich eine dünne Schicht Wassers zur Verhütung des Austrocknens befand. Der mit der Verdauungsflüssigkeit versetzte Blutstropfen hing auf diese Weise ganz frei in der Luft. Nachher wurde das Näpfchen in den Brütofen gestellt, wo die Verdauung bei 35—40° von Statten ging. Ich untersuchte Verdauungsrückstände nach verschiedenen Verdauungszeiten: von 10 Minuten bis 48 Stunden. Zu diesem Zwecke wurde das Näpfchen aus dem Brütofen herausgenommen, das Deckgläschen behutsam abgehoben und mit dem Blutstropfen auf eine mit einem entsprechend grossen Stützring aus Lack oder Natronglas versehenen Objectträger gebracht. Der Lackring hatte für gewöhnlich zwei sich gegenüberliegende kleine Einschnitte, welche für die eventuelle Zufuhr von Reagentien bestimmt waren. Es erübrigt noch, darauf aufmerksam zu machen, dass ich die Verdauung im hängenden Tropfen derjenigen in der feuchten Kammer vorziehe.

Für die Verdauung unter dem Mikroskope halte ich folgendes Verfahren für zweckmässig. Ein Blutstropfen wird schnell mit einem Deckplättchen aufgefangen, auf den eben beschriebenen Objectträger gebracht und sofort auf den Tisch des Mikroskopes, dessen Linse schon annähernd eingestellt ist, gelegt. Noch besser ist es, die ganze Manipulation, um ihre Zeit nach Möglichkeit abzukürzen, am Rande des Objecttisches vor-

Digitized by Google

zunehmen. Nachdem man sich ein oder mehrere Plättchen im Sehfeld behend eingestellt hat, lässt man mittelst eines stetig functionirenden Tropfapparates Pepsinchlorwasserstoffsäure zum Blutstropfen zufliessen. Der künstliche Magensaft schwemmt momentan alle rothen Blutkörperchen aus dem Gesichtsfelde hinweg, auch die Leukocyten werden vielfach durch den Flüssigkeitsstrom fortgerissen, und man ist in der Lage, ein mit Plättchen, welche immer vermöge ihrer Viscosität im Gesichtsfelde zurückbleiben, besätes Feld ins Auge zu fassen nnd die allmähliche Einwirkung des Magensaftes auf diese Gebilde zu studieren. Mit kleinen Ausnahmen gelang es mir immer, die Verdauung einzuleiten, bevor noch die sternförmige Defiguration der Plättchen zum Ausdruck gelangte. Ich brachte an dem zweiten Einschnitt des Stützringes gewöhnlich ein Stückchen Filtrirpapier an, welches den immer frisch zufliessenden Magensaft absaugte. Ich habe auch die Erfahrung gemacht, dass ein heizbarer Objecttisch hiezu nicht unbedingt erforderlich sei, obwohl mit Hilfe des letzteren der Verdauungsprocess schneller sein Ende erreicht.

Technische Schwierigkeiten sind damit nicht verbunden. Bei entsprechend flinker Handhabung gelingt der Versuch in der Regel.

Nur ein störendes Moment will ich anführen. Es werden nämlich während des Verdauungsprocesses manchmal, wenn auch sehr selten, kleine, fettähnliche Tropfen frei, wahrscheinlich durch Zersetzung des Lecithins. Einem geübten Beobachter legen sie sich zwar nicht in die Quere; sie könnten aber möglicherweise Anlass zur Verwechslung mit den Plättchen geben. Haemoglobinlose Stromata der rothen Blutkörperchen können bei der Verdauung unter dem Mikroskope nicht in das Gesichtsfeld gelangen, weil durch das immerwährende Zufliessen der Pepsinsalzsäure und die Aufsaugung auf der gegenüberliegenden Seite des Praeparates der ganze Blutstropfen mit Ausnahme der Plättchen weggeschwemmt und aufgesaugt wird. Es bleibt im ganzen Präparat nichts übrig, wie die Plättchen und manchmal vereinzelte Leukocyten. In dieser Methode und in der Klebrigkeit der Plättchen ist für den unerfahrenen Beobachter die sichere Bürgschaft gegeben, dass er thatsächlich Plättchen und keine anderen Elemente vor sich hat.

Anders verhalten sich die Dinge mit den Verdauungsrückständen aus dem Brütofen. Man findet hier gewöhnlich kleine, gelbgefärbte, netzförmige Fetzen. Es sind dies höchstwahrscheinlich Zersetzungsproducte des Haemoglobins; ich vermuthe in ihnen Haematinausscheidungen. Aber auch diese Verunreinigung lässt sich leicht durch Auswaschen mit Alkohol und Aether beseitigen.

Wollte ich frische Plättchen conserviren, so benutzte ich 1 proc. Osmiumsäure, welche mir sehr gute Dienste leistete. Auch Herrmann'sche

Digitized by Google

Lösung habe ich manchmal benutzt. Beobachtet habe ich durchweg mit sehr starken Systemen; ich benutzte immer den Apochromaten von Zeiss numerische Apertur 1·30, Aequivalent-Brennweite 2·0. Als Arbeitsoculare dienten mir die Zeiss'schen Compensationsoculare (4, 6, 8, 12).

Ich untersuchte circa hundert Verdauungsrückstände aus dem Brütofen und beobachtete vielleicht dreihundert Verdauungen unter dem Mikroskope.

D. Die chemische Beschaffenheit und Herkunft der Plättchen.

Beobachtet man die Einwirkung des künstlichen Magensaftes auf einen frischen Blutstropfen unter dem Mikroskope, wobei man am besten so verfährt, dass man ein Plättchen, welches seine typische runde Gestalt und homogenes Aussehen zeigt, ins Auge fasst und den ganzen Verdauungsprocess an demselben studirt, so findet man, dass zuerst die feine Punktirung des Plättchens etwas deutlicher hervortritt und das sich sein Volumen etwas verkleinert. Bald wird es stark granulirt und man erkennt in ihm kleine punktförmige Kügelchen, welche im ganzen Gebilde unregelmässig vertheilt sind. Ihre Gestalt studirt man am besten an denjenigen, welche an der Peripherie der Plättchen liegen. Hier erkennt man deutlich ihre Kugelgestalt und ihr ausserordentlich starkes Lichtbrechungsvermögen Schon nach einigen Secunden hat sich das Plättchen in eine runde, äusserst blasse und dem zu Folge schwer wahrnehmbare homogene Kugel und eine körnige Masse differenzirt. Die körnige Masse steht immer mit der Kugel in inniger Verbindung. Manchmal liegt sie in deren Centrum, bei anderen wieder in Gestalt einer Sichel an deren Peripherie; bei anderen hat sie wieder eine mehr runde Gestalt und ragt mit einer Hälfte aus der homogenen Kugel heraus, mit der anderen in dieselbe herein; bei vielen konnte ich auch bemerken, dass die körnige Masse in Gestalt einer Kugel die homogene nur an der Peripherie tangirte. Bald beginnt die körnige Masse allmählich zu wachsen, während die homogene Kugel ganz langsam ihr Volumen verkleinert. Die körnige Masse verliert allmählich ihren Glanz, und bekommt ein etwas gequollenes, blasiges Ansehen. Sie wird mit der Zeit fast ganz homogen und stellt endlich einen circumscripten, sehr stark lichtbrechenden, etwas flavescenten Körper dar. Mit dem Momente, wo die körnige Masse homogen wird, verschwindet die blasse homogene Kugel; es liegt jetzt das Residuum des Plättchens als ein fast ganz homogener, manchmal stellenweise gekörnter, fast immer gerundeter Körper vor uns. Selbst mehrstündige Verdauung, ja sogar 24 stündige Einwirkung der Pepsinchlorwasserstoffsäure vermag an demselben nichts zu ändern. Die unverdaut gebliebenen Theile der Plättchen haben

Digitized by Google

mehrentheils annähernd eine Kugelgestalt. Doch finden sich auch solche mit mehr ellipsoidischer, ovoider, Halbmond-, Kipfel- und Flaschenform (Fig. 14). Die Rundung ist ein allen Plättchen zu Grunde liegendes Formmerkmal. Der Durchmesser beträgt 1·5—4 μ. Behandelt man die Verdauungsrückstände mit absolutem Alkohol oder Aether, so findet gar keine Veränderung statt. Auch destillirtes Wasser lässt sie vor oder nach der Alkoholextraction vollständig unversehrt und ruft gar keine Quellungserscheinungen an ihnen hervor. Vollständig wirkungslos bleiben auch verdünnte Salzsäure und concentrirte Essigsäure. Lässt man aber Sodalösung, selbst, wenn sie noch so verdünnt ist, zum Praeparate hinzutreten, so quellen die Plättchen stark auf und verblassen allmählich bis zur vollständigen Unkenntlichkeit. Sofortiger Zusatz von 0·3 proc. Salzsäure lässt die Plättchen in ihrer früheren Gestalt scharf zu Tage treten. Hat jedoch die Sodalösung 4—5 Stunden auf die Pättchen eingewirkt, so zeigt sich die Salzsäure gänzlich wirkungslos. Die Plättchen kommen nicht mehr in ihrer alten Deutlichkeit zu Gesichte oder sie erscheinen überhaupt nicht wieder. Die Plättchen sind vermuthlich ganz aufgelöst worden. Dieselbe Wirkung wie Sodalösung zeigt eine Lösung von phosphorsaurem Natron. Kalilauge aber löst sie unter momentaner Quellung auf, und der eiligste Salzsäurezusatz erweist sich als vergeblich. Concentrirte Salzsäure lässt im Verdauungsrückstand die Plättchen schrumpfen und verblassen. Bei hoher Focuseinstellung erscheinen sie von einem leisen Schimmer umgeben, welcher eine Hülle vorzutäuschen im Stande ist. Ich halte jedoch dieses Bild für trügerisch und glaube dasselbe auf Lichtbrechungserscheinungen zurückführen zu können. Schliesslich verschwindet das ganze Plättchen unter der Einwirkung der concentrirten Salzsäure. Concentrirte Salpetersäure zeigt ein ähnliches Verhalten. Die Einwirkung einer 10 proc. Kochsalzlösung auf die Verdauungsrückstände gestaltet sich folgendermassen. Nach einer Einwirkung von einigen Minuten bis zu einer Viertelstunde, manchmal zu einer ganzen Stunde werden die Plättchen stark glänzend und homogen. Sie quellen ein bischen auf und bekommen fast das Ansehen der sogenannten „unversehrten Plättchen." Die kleinen Kügelchen sind verschwunden. Wenn Conglomerate von Plättchen im Gesichtsfelde vorkommen, so sieht man, wie die Kochsalzlösung den einzelnen Plättchen im Haufen scharfe Contouren verleiht. Die Plättchen, welche früher einander mit ihren Rändern bedeckten und dadurch ein etwas verschwommenes Haufenbild darstellten, zeigen jetzt ein ganz anderes Bild: jedes von ihnen grenzt sich gegen seine Nachbarn deutlich mit einer scharfen Linie ab.

5 proc. Kochsalzlösung lässt die unverdauten Plättchenresidua aufquellen.

Digitized by Google

1·5proc., 1 proc. und 0·5 proc. Kochsalzlösung bewirken Quellung der Plättchen im Verdauungsrückstande.

Benzol löst die Plättchen in dem durch Alkohol entwässerten Verdauungsrückstand nicht auf.

In der Kälte gesättigte Kochsalzlösung ruft, soweit ich beobachten konnte, keine wahrnehmbaren Veränderungen im Verdauungsrückstande hervor.

Ein äusserst lehrreiches Studium gewährt die Beobachtung der gleichzeitigen Einwirkung des künstlichen Magensaftes auf Plättchen und Leukocyten. Ueberhaupt finde ich es sehr rathsam, zu der Beobachtung und zu den mikrochemischen Reactionen ein Gesichtsfeld zu wählen, in welchem sich neben den zahlreichen Plättchen auch ein oder zwei Leukocyten befinden. Man gewinnt schon bei der Betrachtung der Veränderungen, welche Pepsinchlorwasserstoffsäure in der Form und dem Aussehen der Plättchen und der Zellkerne der Leukocyten hervorruft die subjective Ueberzeugung von der Gleichartigkeit dieser beiden körperlichen Elemente. In Fig. 1—11 sind die Verdauungsphasen, wie sie in der Zeit auf einander folgen, wiedergegeben. In Fig. 11 ist die Verdauung vollendet. Einige Plättchen sind schon homogen, die anderen zeigen deutlich ihre Zusammensetzung aus kleinen Kügelchen. Die ausserordentliche Aehnlichkeit der kleinen Kügelchen und der bereits homogen gewordenen Plättchen mit den nucleïnhaltigen Bestandtheilen des Zellkerns lässt sich natürlich nicht wiedergeben. Allenfalls kann man sie auch in Fig. 11 angedeutet sehen. Die Verdauung der Leukocyten ist so typisch in dieser Zeichnung wiedergegeben, dass mir eine Beschreibung unnütz erscheint. Man sieht deutlich, wie in den anfangs als kernlos erscheinenden Leukocyten die Kerne immer deutlicher aus dem Dunkel hervortreten, ihre Contouren immer schärfer werden, während das Cytoplasma immer blasser und blasser wird, wie die Structur des Zellkerns immer deutlicher hervortritt und wie die Nucleïnkörperchen in demselben (wahrscheinlich optische Querschnitte der Gerüststränge) sich scharf gegen den übrigen Kerninhalt hervorheben. Das Cytoplasma schwindet allmählich.

Die vollkommene Gleichartigkeit der Kernsubstanz und der Plättchenresidua wird man aber erst gewahr, wenn man mikrochemische Reactionen sowohl vor wie nach der Verdauung mit gleichzeitig wahrnehmbaren Kernen und Plättchen ausführt. Man findet dann, dass gar kein Unterschied zwischen diesen beiden Gebilden in ihrem chemischen Verhalten existirt. Sogar eine vollständig analoge Differenzirungserscheinung habe ich in gewissen Fällen, auf welche ich noch zurückkommen werde, am Kern beobachtet. Auch die glänzenden Nucleïnkörperchen im Kerne verschwinden auf Zusatz von Sodalösung und phosphorsaurem Natron und werden bei

Digitized by Google

Säurezusatz unter Schrumpfung sichtbar. 10 proc. Kochsalzlösung verleiht ihnen das Ansehen frischer Kerne; überhaupt ist es zwecklos, bei jeder mikrochemischen Reaction, die ich angestellt habe, eine besondere Schilderung den Plättchen und Kernen zu widmen.

Das Schlussergebniss jeder Reaction, welche die Plättchen gaben, zeigten auch die Kerne der Leukocyten. Ich werde also weiterhin nur von Plättchen sprechen, denn die mikrochemischen Reactionen der Plättchen involviren jene der Kerne.

Behandelt man einen Verdauungsrückstand mit einer Lösung von Salzsäure, welche auf 4 vol. reiner concentrirter Salzsäure 3 vol. Wasser enthält, so verblassen die Plättchen vollständig. Zusatz von Jod in Jodkalium lässt sie wieder in ihrer früheren Deutlichkeit hervortreten.

Unterwirft man einen frischen Blutstropfen der Verdauung im künstlichen Magensaft und extrahirt in dem Momente, wo in den Plättchen die kleinen glänzenden Kügelchen und im Kerne die Nucleïnkörper deutlich hervortreten, mit absolutem Alkohol und untersucht in schwach essigsaurem Methylgrün und Glycerin, so zeigt sich, dass die kleinen Kügelchen und die Nucleïnkörper dunkel und intensiv gefärbt werden. Sie zeigen eine scharfe Abgrenzung gegen einander.

Behandelt man einen frischen Blutstropfen in ähnlicher Weise wie mit Pepsinsalzsäure mit 0·1 proc. Salzsäure, so quillt die homogene Substanz der Plättchen sehr stark auf und erblasst, während die in ihrem Inneren liegenden Körnchen sehr scharf hervortreten. (Das Resultat dieser Reaction steht also im Widerspruch mit den von Loewit an seinen „homogenen" Plättchen angestellten Reactionen!) Die Quellung der homogenen Substanz ist so stark, dass manche Plättchen die Grösse eines rothen Blutkörperchens erreichen. Bei sehr starker Vergrösserung sieht man, dass die das ganze Plättchen ausfüllenden Kügelchen eine vollkommen runde, sphaerische Gestalt haben und durch einen eigenthümlichen Glanz und ausnehmend starkes Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnet sind. Bei manchen Plättchen ist die Quellung derart stark, dass die homogene Kugel platzt und ihr Inhalt austritt. Er zerfällt in ganz kleine, fast punktförmige, vollkommen runde und homogene Kügelchen, für welche ich anticipando den Namen „Nucleïnkügelchen" vorschlage. Verdrängt man nun im Praeparate die verdünnte Salzsäure durch eine concentrirte, so lösen sich die Plättchen sofort auf. Wendet man statt reiner Salzsäure eine Lösung welche auf 4 vol. reiner Salzsäure 3 vol. Wasser enthält, so bekommen die Nucleïnkügelchen ein blasses, verschwommenes Ansehen, während die homogene Substanz scharf hervortritt. Nach längerer Einwirkung dieses Reagens erscheinen die Plättchen ganz homogen.

Digitized by Google

Setzt man zu einem frischen Blutstropfen destillirtes Wasser hinzu, so kommt rasch die Differenzirung und eine starke Aufquellung der homogenen Masse zum Vorschein. Fügt man nun zum Praeparate 0·1 proc. Salzsäure hinzu, so quillt die homogene Kugel sehr stark auf und verblasst, während die körnige Masse deutlich und stark lichtbrechend erscheint.

Nach Zusatz von concentrirter Salzsäure zu einem frischen Blutpraeparate verblassen die Plättchen momentan und verschwinden nach längerer Einwirkung der Salzsäure. Behandelt man sie mit einer Lösung von Jod in Jodkalium, so werden sie wieder schön sichtbar und tingiren sich gelb. Auch sieht man an solchen Praeparaten die sogenannte „centrale Depression" sehr deutlich.

Verdünnte Kalilauge lässt die Plättchen in frischem Zustande momentan aufquellen und verschwinden.

Wässerige Ammoniakflüssigkeit, sei sie noch so verdünnt, löst die Plättchen vollständig auf.

40 proc. Kalilauge, erhält sie mehr oder weniger in ihrer natürlichen Form (Laker).

Die Einwirkung von Kochsalzlösungen verschiedener Concentrationen auf frische Plättchen nimmt folgenden Verlauf:

I. Gesättigte Lösung: Starke Schrumpfung und Detritusbildung. Die Plättchen werden verunstaltet und blass. Mit starken Vergrösserungen kann man constatiren, dass sich um jedes Plättchen ein Hof von feinem Detritus gebildet hat.

II. 25 proc. Lösung: Scharfes Hervortreten der körnigen Massen; sie sind viel deutlicher zu sehen als im Naturzustande. Die Plättchen scheinen aus dunklen Punkten zusammengesetzt zu sein.

III. 14 proc. Lösung: Die Plättchen nehmen eine mehr regelmässige Gestalt an; auch hier ist deutliche Granulation zu beobachten. Man sieht die kleinen, der homogenen Substanz eingebetteten, stark lichtbrechenden Nucleïnkügelchen. Ich glaube bei manchen Plättchen schwache Quellungserscheinungen verzeichnen zu müssen.

IV. 10 proc. Lösung bewirkt bei frischen Plättchen langsam vor sich gehende Quellungserscheinungen. Die Plättchen werden etwas grösser und fast homogen; von eingelagerten Kügelchen ist nichts zu sehen. Manche verschmelzen zu glasigen Klumpen. Concentrirte Essigsäure ruft bei den mit Kochsalz behandelten Plättchen das Hervortreten der körnigen Masse hervor, welche aber darauf bald schrumpft.

Digitized by Google

V. 1·5 proc. Lösung: Die Plättchen werden homogen.

VI. 0·5 proc. Lösung: Baldige Differenzirung der Plättchen und Quellungserscheinungen.

VII. 0·08 proc. Lösung: Sofortige Differenzirung. Nachher kolossale Aufquellung der körnigen Substanz zu einer grossen, stark glänzenden, viscösen Masse. Letztere erreicht beinahe die Grösse der homogenen Kugel, welche sich übrigens auch ein wenig vergrössert zu haben scheint. Bei manchen Individuen übertrifft die gequollene körnige Masse die homogene Kugel an Grösse. Bei sehr starker Vergrösserung erscheint die körnige Masse, trotz ihres starken Glanzes aus Körnchen zusammengesetzt. Ich glaube mit dem Apochromaten und Ocular 12 auch in der homogenen Masse eine ganz feine, fast unsichtbare Granulation gesehen zu haben; ich bin aber meiner Sache nicht ganz sicher. Nach längerer Einwirkung der 0·08 proc. Kochsalzlösung verschwindet die körnige Masse bei der grössten Anzahl der Plättchen und es bleibt nur die homogene Kugel. Auch der Kern der Leukocyten zeigt eine analoge Differenzirung und sehr starke Aufquellung. Es sitzt an ihm eine grosse, homogene Blase, welche fast die Grösse eines ganzen Leukocyten erreicht. Schliesslich bleiben nach längerer Einwirkung von den Plättchen nur undeutliche Klumpen zurück, in welchen man nichts unterscheiden kann.

VIII. 0·008 proc. Lösung: Differenzirung; starke Quellungserscheinungen.

IX. 0·002 proc. Lösung: Sofortige Differenzirung und kolossale Quellung der körnigen Masse; nach und nach verschwindet Letztere und es bleibt nur die homogene Kugel in Gestalt einer Blase zurück.

Davon verschieden verhalten sich die frischen Plättchen gegen Lösungen verschiedener Concentrationen von Essigsäure:

I. Eisessig und 60 proc. Essigsäurelösung: Momentane Zerstörung des Cytoplasma's der Leukocyten. Im Praeparate sieht man nur ganz nackte, etwas geschrumpfte Leukocytenkerne, von einem ganz schwachen, fast unsichtbaren Plasmarest umgeben und die Plättchen, welche durchwegs gekörnt erscheinen. Sie sind geschrumpft und beinahe rund.

II. 5 proc. Essigsäurelösung: Theilweise Differenzirung und scharfes Hervortreten der körnigen Masse. Die homogene Masse erblasst so stark, dass man sie nur mit den stärksten Linsen wahrnehmen kann. Im Kern treten die Nucleïnkörper sehr schön zu Tage.

Digitized by Google

III. 1·3 proc. Essigsäurelösung: Rasche Differenzirung und allmähliche, sehr langsam vor sich gehende Auflösung der Plättchen in toto.

IV. 1 proc. Essigsäurelösung: Differenzirung der Kerne und Plättchen und totale Auflösung. Vom Kern bleibt nur eine blasse Hülle übrig (Plastin?).

V. 0·08 proc. Essigsäurelösung: Differenzirung; die körnige Masse zeigt ausserordentlich starkes Lichtbrechungsvermögen.

VI. 0·05 proc. Essigsäurelösung: Differenzirung und ganz schwache, kaum merkliche Volumenvergrösserung der körnigen Masse.

VII. 0·015 proc. Lösung: Differenzirung; die körnige Masse erscheint fast ganz homogen.

VIII. 0·001 proc. Lösung: Differenzirung und schwache Quellungserscheinungen.

Phosphorsäure zerstört die frischen Plättchen und Kerne unter starker Detritusbildung.

Fängt man einen Blutstropfen in Kaliumbichromat auf, so werden die Plättchen sehr stark lichtbrechend und deutlich.

Concentrirte Salpetersäure verhält sich analog der concentrirten Salzsäure.

Sodalösung lässt die Plättchen ganz blass werden. Sofortiger Zusatz von 0·3 proc. Salzsäure regenerirt die früheren Formverhältnisse.

Ammoniumcarbonat löst sie auf.

Nach längerer Behandlung der frischen Plättchen mit 25 proc. Kochsalzlösung und nachherigen Auswaschen geht die im frischen Zustande vorhandene Löslichkeit in Ammoniak verloren.

Aus der Gesammtheit dieser Reactionen lassen sich folgende als die wesentlichsten excerpiren:

I.

Im frischen Zustande sind die Plättchen ihrer ganzen Masse nach **löslich** in:

1. Ammoniak;
2. concentrirter Salzsäure;
3. concentrirter Salpetersäure;

Digitized by Google

4. Ammoniumcarbonat;
5. verdünnter Kalilauge:
6. verdünnter Essigsäure;
(vorher rasche Differenzirung);

ihrer ganzen Masse nach **unlöslich** in:

1. concentrirter Kalilauge;
2. verdünnter Salzsäure;
(starke Quellung der homogenen Substanz);

die körnige Masse ist **unlöslich,** die homogene **löslich** in:
Pepsinsalzsäure;

die frischen Plättchen sind quellbar in:

verdünnter Kochsalzlösung.

II.

Nach der Pepsinverdauung sind die Plättchen oder richtiger Plättchenresidua **löslich** in:

1. concentrirter Salzsäure;
2. concentrirter Salpetersäure;
3. verdünnter Kalilauge;

sie **verquellen** in:

1. verdünnter Sodalösung;
2. phosphorsaurem Natron;

sie sind **quellbar** in:

verdünnter Kochsalzlösung.

Diese Reactionen und das gleichartige Verhalten der Plättchen und der Leukocytenkerne veranlassen mich zu dem Schluss:

Die körnige Masse der Plättchen besteht aus **Nucleïn.**

Die homogene Masse der Plättchen besteht vorwiegend aus **Eiweiss.**

Welcher Art die Vereinigung dieser zweier Substanzen ist, wie sie uns in den Plättchen vorliegt, ob wir es hier mit einer chemischen Verbindung, einem Gemenge, oder einer ganz einfachen Einlagerung der körnigen Masse,

Digitized by Google

also des Nucleïnantheiles der Plättchen in die homogene Substanz, den Eiweissantheil zu thun haben, ist noch nicht spruchreif.

Man darf indess vermuthen, dass das Nucleïn in Verbindung mit Eiweiss in den Plättchen enthalten sei. Hierfür spricht besonders die Thatsache, dass die Plättchen in 1·3 proc. Essigsäure löslich sind, während sich Nucleïn in diesem Lösungsmittel nicht auflöst.

Ob diese Verbindung des Nucleïns mit den bisher bekannten Nucleoalbuminen in seinen Löslichkeitsverhältnissen völlig übereinstimmt, muss zweifelhaft erscheinen.

Durch die Pepsinverdauung wird das Nucleïn als solches aus seiner Verbindung heraus gelöst und erscheint in seinen charakteristischen Eigenschaften.

Das von früheren Autoren im Fibrin gefundene Nucleïn ist demnach zum Theil auf die Kerne der Leukocyten, zum grossen Theil aber auf die Plättchen zu beziehen. Ich habe, um Letzteres zu verificiren, eine grössere Menge von ausgeschlagenem und gewaschenem Fibrin einer längeren Verdauung unterworfen und den hiebei zurückbleibenden ungelösten Rest (Meissner's Dyspepton), welcher hauptsächlich aus Nucleïn besteht, mikroskopisch untersucht. Es zeigte sich hiebei, dass der ungelöste Rest neben nackten Leukocytenkernen eine grosse Menge typischer Plättchenreste enthält.

Es ist an der Zeit, diese Elemente ihrer vollkommen nicht entsprechenden Nomenclatur zu entkleiden. Die Namen „Globulinplättchen", „Körnchenbildungen", „freie Körner", „Elementarbläschen", „germinal matter" u. s. w. brachten nur Verwirrung hervor. Wenn es überhaupt nöthig sein sollte, einen die chemische Zusammensetzung der Plättchen bezeichnenden Namen zu wählen, so wäre die Bezeichnung „Nucleïnplättchen" die am meisten geeignete. Sollte es sich auch zeigen lassen, dass die Plättchen aus einem Nucleoalbumin bestehen, so bleibt dieser Name immer noch zutreffend.

Es erübrigt noch, einige andere Versuche anzuführen, welche auf die chemische Beschaffenheit und auf die Abstammung der Nucleïnplättchen ein Licht werfen.

Ich fange einen Blutstropfen mit einem Objectträger auf, decke darüber ein Deckplättchen, umgebe das Praeparat mit einem Wachsring, um die Verdunstung zu verhüten, und lasse das Blut gerinnen. Nach ein paar (3—5) Stunden kratze ich den Wachsring ab, entferne das Deckglas, wasche mit dem Wasserstrahl einer Pipette die rothen Blutkörperchen gründlich aus und tingire das Praeparat mit einer Lösung von Jod oder mit einer Anilinfarbe. Ich bekomme nun das bekannte Ranvier'sche Fibrinnetz

Digitized by Google

mit seinen Knotenpunkten, welche aus Nucleïnplättchen bestehen, zu Gesichte. (Fig. 12.) Lasse ich jetzt Pepsinchlorwasserstoffsäure nach der angegebenen Methode unter dem Mikroskope auf das Praeparat einwirken, so wird das Fibrinnetz momentan aufgelöst, während die Nucleïnplättchenhaufen und die einzelnen Nucleïnplättchen erhalten bleiben, die beschriebenen Verdauungsphasen durchmachen, um dann aus dem Praeparate nicht mehr zu verschwinden. (Fig. 13).

Eigenthümlich ist die Wirkung von Tannin auf die Nucleïnplättchen. Der Nucleïnantheil derselben rückt in die Mitte und liegt hier als grosses rundes Gebilde, gleichsam eingebettet in die ebenfalls runde homogene Masse, welche sehr deutlich zu sehen ist. Das ganze Gebilde täuscht das Aussehen einer Zelle mit deutlichem, grossem, schön granulirtem Kerne vor. Bei sehr starker Vergrösserung sieht man in der körnigen Substanz sehr deutlich die kleinen, runden, das Licht sehr stark brechenden Nucleïnkügelchen. Letztere grenzen sich ziemlich scharf gegen einander ab. Mehrere dieser Kügelchen sieht man oft aus den Nucleïnplättchen heraustreten und man kann sie sogar gut im Auge behalten. Bei längerer Tannineinwirkung breitet sich der Nucleïnantheil in der ganzen homogenen Kugel aus. Behandelt man jetzt das Praeparat mit Methylgrün, so färben sich nur die Kügelchen, die homogene Masse bleibt farblos. Auch hierin zeigt der Kern der Leukocyten eine merkwürdig schöne Anologie mit den Nucleïnplättchen. Mit dem Momente, wo sich der Nucleïnantheil im homogenen Eiweissantheil ganz ausbreitet, sehen die Nucleïnplättchen den Leukocytenkernen in solchem Maasse ähnlich, dass sie sich nur in der Grösse unterscheiden. Wie die Einwirkung des Tannins zu deuten ist, weiss ich nicht. Ob hier ein Artefact vorliegt, oder wirkliche Structurverhältnisse, erlaubt mir meine kleine Erfahrung in dieser Richtung nicht zu entscheiden.

Bringt man einen Tropfen kalt filtrirten Pferdeblutplasma's, in welchem gar keine körperlichen Elemente, auch nicht mit den schärfsten Systemen nachweisbar sind, mit einem Tropfen von Sperma (ich benutze mit etwas Wasser versetztes Ebersperma), welches, mikroskopisch untersucht, nur vollkommen ausgebildete Spermatozoën und ausser denselben gar keine anderen Gebilde enthält, unter dem Mikroskope auf diese Weise zusammen, dass man den auf einem Objectträger befindlichen, mit einem Deckplättchen versehenen Plasmatropfen auf den Objecttisch bringt und nun mit Benutzung des Einschnittes im Lackringe das Sperma hinzufliessen lässt, so bekommt man folgende Erscheinung zu Gesichte: In das vollkommen leere Gesichtsfeld treten die Spermatozoën ein und vertheilen sich darin gleichmässig. Nach sehr kurzer Zeit treten im Gesichtsfelde kleine, runde Gebilde auf, welche mit den Nucleïnplättchen in ihrer Form und Grösse vollständig übereinstimmen. Im Anfange sieht man ihrer nur zwei oder

Digitized by Google

drei, bald aber vermehren sie sich allmählich und nach circa zwei Minuten hat sich ihrer eine grosse Menge gebildet. Ich konnte 35—40 in einem Gesichtsfelde zählen. In kurzer Zeit zeigen sie Granulirung und sternförmige Defiguration und bilden kleine Haufen. Unter Einwirkung der erwähnten Reagentien (verdünnte Salzlösungen, Essigsäure, Natronbicarbonat u. s. w.) zeigen sie die typische Differenzirung der Nucleïnplättchen in eine körnige und homogene Masse (Nucleïn- und Eiweissantheil der Plättchen).

Lässt man das Präparat gerinnen, so bilden sie die Knotenpunkte des Faserstoffnetzes. Mit künstlichem Magensaft behandelt, zeigen sie dieselben Erscheinungen wie die Nucleïnplättchen. Diese mit den Nucleïnplättchen chemisch und morphologisch vollkommen übereinstimmenden Gebilde haben sich demnach im Plasma von den Spermatozoën abgespaltet. Ich hatte Gelegenheit, wiederholt Reactionen mit ihnen auszuführen und mich von ihrer Identität mit den Nucleïnplättchen zu überzeugen.

Welches Licht werfen nun all' diese Befunde auf die Frage nach der Herkunft der Nucleïnplättchen?

Es lässt sich natürlicherweise der Gedanke nicht abweisen, dass, wenn die Nucleïnplättchen ihrer Hauptmasse nach aus Nucleïn bestehen, die Erklärung derselben für praeformirte, selbständige Elemente in Hayem's und Bizzozero's Sinne eine Stütze findet. Nichtsdestoweniger zeigt das Experiment mit den Spermatozoën und dem plättchenfreien Blutplasma das Gegentheil und macht es sehr wahrscheinlich, dass die Nucleïnplättchen Derivate des **Zellkerns** der Leukocyten sind.

Es erübrigt noch, einige dieses Capitel betreffende Zeichnungen zu erklären. Figur 14 zeigt einen Verdauungsrückstand, nach einer 24-stündigen Verdauung. Tinction: Rhodamin (das salzsaure Salz des Anhydrids des Metatetramethyldiamidodioxyphenolphtaleïn) und Methylgrün. Man sieht im Gesichtsfelde zerstreute Nucleïnplättchen in allen ihnen charakteristischen Formen. Alle haben die Doppelfärbung aufgenommen. Eines ist eigenthümlicherweise (es ist der einzige Fall, welcher mir vorgekommen ist) noch differenzirt. Auch viele sowohl nackte als auch mit einem Cytoplasmarest zusammenhängende Kerne sind zu sehen. Ich will hier gleich eine Beobachtung mittheilen, welche ich in sehr vielen Verdauungsversuchen gemacht habe. In sehr vielen Verdauungsrückständen beobachtete ich nämlich direct aus dem Kern austretende, runde oder längliche Körper, welche sowohl in ihrer Form, Grösse, optischen und natürlicherweise auch chemischen Eigenschaften mit den Nucleïnplättchen übereinstimmten. Man sieht oft das Protoplasma direct durchrissen oder auch in eine Art von

Digitized by Google

Schlauch, welcher die kleinen Körper umgibt, fortgesetzt. Figur 14 zeigt zwei solche Kerne.

In Figur 15 ist ein zweiter Verdauungsrückstand, welcher ohne jedwede Behandlung zur Beobachtung kam, abgebildet. Die Kerne und Nucleinplättchen sind schon ganz homogen, man sieht auch einen grossen gelblichen Fetzen der früher erwähnten Zerfallsproducte des Haemoglobins (Haematin).

II.

Einige Beobachtungen über das Verhalten des Zellkerns der Leukocyten zur Gerinnung.

Die vielfach citirten Untersuchungen Rauschenbachs[1] haben die Lehre von der Blutgerinnung um einen wichtigen Schritt nach vorwärts gebracht. Indem er zeigte, dass nicht nur die Leukocyten, sondern überhaupt alle protoplasmatischen Gebilde die Muttersubstanz des Fibrinfermentes enthalten, verlieh er der Blutgerinnungsfrage eine viel allgemeinere Bedeutung. Er constatirte, dass zwischen dem Blutplasma und den Leukocyten eine Wechselbeziehung bestehe. Das Plasma spaltet von den Leukocyten das Fibrinferment ab; die Leukocyten zerstören ihrerseits das Plasma. „Das Product dieser Wechselzerstörung zwischen Plasma und Protoplasma ist der Faserstoff". Rauschenbach gelangte zu diesem Schlussergebnisse durch Versuche mit verschiedenen Zellen, deren wässeriges Extract im Salzplasma Gerinnung erzeugte, während die Zellen als solche vollkommen wirkungslos waren. Bringt er aber dieselben Zellen in kalt filtrirtes Pferdeblutplasma, so erzeugen sie darin Gerinnung.

Unbeantwortet bleibt die Frage: welcher Stoff der Zelle ist das Zymogen des Fibrinfermentes?

Es scheint mir nun, dass sich in der Rauschenbach'schen Arbeit der Wegweiser für die Untersuchung dieses Gegenstandes findet. Rauschenbach erhielt einen die Gerinnung erzeugenden Körper, indem er die rothen Blutkörperchen des Huhnes mit kohlensäurehaltigem Wasser behandelte und den hierbei erhaltenen, in Wasser unlöslichen Stoff sammelte. Er glaubte Stromata der rothen Blutkörperchen vor sich zu haben; in der That aber hatte er fast nur die Kerne derselben in der Hand, welchen noch „ein faseriges Gebilde"[2] anhängt. Ich habe mich bei der Wieder-

[1] A. a. O.

[2] A. Kossel, Ueber einen peptonartigen Bestandtheil des Zellkerns etc. S. 511.

Digitized by Google

holung dieses seines Versuches von der Richtigkeit dieser Anschauung überzeugt.

Jedenfalls hatte Rauschenbach in allen als Gerinnungserreger benutzten Körpern sehr nucleïnreiche Gebilde vor sich und besonders beachtenswerth scheint mir die Thatsache, dass es unter allen von ihm untersuchten Cellulargebilden kein einziges gab, „welches in seiner Wirkung auf das Blutplasma den Spermatozoën gleichgekommen wäre." —[1] In dem Factum, dass die Spermatozoën in nicht vollen zwei Minuten, als die Temperatur des Plasma's sich erst wenige Grade über den Nullpunkt erhoben hatte, eine Gerinnung erzeugen, findet man noch einen Rückhalt für die Vermuthung, dass mit dem Nucleïnreichthum der protoplasmatischen Gebilde ihr coagulatives Vermögen wächst. Wir wissen, wie ausserordentlich reich an Nucleïn die männlichen Sexualzellen sind. Miescher[2] fand z. B., dass der Gehalt der Lachsspermatozoën an Nucleo-Protamin (Nucleïnsäure-Protamin) mehr als 75 % der Gesammtmenge der Spermatozoën beträgt. Sonst haben die Spermatozoën keine einzige Substanz, welche sie von anderen Zellarten unterscheidet und auch keine weder primäre noch secundäre Bestandtheile in grösserer Menge als andere Zellen aufzuweisen. Man muss also schon von vorneherein die Vermuthung hegen, dass dieses starke coagulative Vermögen der Spermatozoën, welches sogar dasjenige der Leukocyten in erheblichem Maasse übertrifft, auf ihrem hohen Nucleïngehalte beruht.

Ich theile hier diese Vermuthung aus dem Grunde mit, weil mich ein Vorversuch hoffen lässt, dass es auf experimentellem Wege möglich sein wird, einen Aufschluss über diese Frage geben zu können.

Ich gebe zugleich die kurze Beschreibung einiger mikroskopischer Praeparate an, zu deren Anfertigung mich ein Fund bei einem Verdauungsversuch mit dem Ranvier'schen Fibrinnetze bewog.

Fig. 17 zeigt ein Ranvier'sches Fibrinnetz, in welches vollkommen **nackte** Kerne der Leukocyten eingelagert sind. Man sieht deutlich dieselben schlauchartigen Fortsätze, welche ich so oft an Verdauungsrückständen zu beobachten Gelegenheit hatte und in welche auch hier nucleïnplättchenartige Elemente eingelagert sind. Dieser Fund bewog mich zur Anfertigung mehrerer Trockenpraeparate. Dieselben wurden in der Weise gemacht, dass ich das mit Wasser ausgewaschene Fibrinnetz längere Zeit mit Herrmann'scher Flüssigkeit behandelte, nachher tingirte, in Xylol aufhellte und in Canada einschloss. Als Farbstoffe wandte ich an: Doppelfärbung mit Rhodamin und Methylgrün, Doppelfärbung mit Safranin und Gentiana-

[1] A. a. O. S. 67.
[2] A. a. O.

Digitized by Google

violet, mit nachheriger Extraction von Gentiana in Orange und einfache Färbung mit Methylgrün.

Praeparate aus verschiedenen Gerinnungszeiträumen ergaben nun folgende Bilder: Im Blute, welches nur ganz kurze Zeit der Gerinnung überlassen wurde, waren die Kerne der Leukocyten gewöhnlich wandständig gelagert. Die Leukocyten zeigten ausgefressene Ränder. (Figg. 18, 19). In Praeparaten, welche aus späteren Gerinnungszeiträumen erhalten wurden, fand ich in der Regel vollkommen nackte Kerne vor. Sowohl in den Praeparaten mit kurzer, als in denjenigen mit langer Gerinnungszeit sah ich immer die Fäden des Fibrinnetzes sich am Kerne ansetzen. Sogar an ganzen Leukocyten sah ich deutlich die Fibrinfäden durch das Cytoplasma in den Kern eintreten. Es lässt sich freilich der Einwand nicht abweisen dass die Fäden über den Kernen hinweggezogen sind.

Figg. 20, 21, 22, 23 geben die Bilder von Praeparaten, welche aus verschiedenen Gerinnungszeiträumen stammen. Ich glaube auch beobachtet zu haben, dass in den Rhodamin-Methylgrünpraeparaten, in welchen der Kern intensiv blau, das Fibrinnetz dagegen röthlichviolet gefärbt ist, die kurzen Stückchen, mit welchen sich die einzelnen Fäden an den Kernen ansetzen, dicker als der übrige Theil der Fäden und blau gefärbt waren.

Der letzte Befund ist seiner Unsicherheit wegen, wie überhaupt alle mikroskopischen Befunde, welche an Fibrinnetzen gemacht wurden, für die Gerinnungsfrage nur von beschränktem Werth. Sicher ist es, dass mit fortschreitender Gerinnung die Zahl der nackten Leukocytenkerne wächst; ich fand in manchen Praeparaten, welche der Gerinnung 40 Minuten bis zwei Stunden ausgesetzt waren, Gesichtsfelder mit 4—6 nackten Leukocytenkernen.

III.

Resultate der Wiederholung älterer Versuche.

Die Versuche von Freund[1] und von Bohr[2] schienen mir von so fundamentaler Bedeutung, dass ich sie zu wiederholen für unbedingt nothwendig hielt, um in der Gerinnungsfrage vorwärts kommen zu können.

---

[1] Ernst Freund, Ein Beitrag zur Kenntniss der Blutgerinnung. *Medic. Jahrbücher.* Jahrgang 1886, I. Heft. Freund fand, dass, wenn man Blut in eingefetteten Gefässen auffängt, dasselbe beliebig lange flüssig bleibt.

[2] Chr. Bohr, Ueber die Respiration nach Injection von Pepton und Blutegelinfus und über die Bedeutung einzelner Organe für die Gerinnbarkeit des Blutes. *Centralbl. f. Physiol.* 1888. Nr. 11. Die Versuche von Bohr ergaben, dass nach Ausschaltung des Kreislaufs unterhalb des Zwerchfells das Blut seine Gerinnungsfähigkeit für lange Zeit verliert. (24 Stunden.)

Digitized by Google

Die zur Controle der Freund'schen Angaben angestellten Versuche wurden mit Kaninchenblut aus der Arteria carotis gemacht. Ausser dem Vaselin, welches Freund benutzte, versuchte ich auch die Gläser, in welchen das Blut aufgefangen werden sollte, mit anderen Fetten auszugiessen. Die besten Dienste leistete reines durch Glaswolle filtrirtes Paraffin. Das Hauptgewicht legte ich auf Reinlichkeit und sorgfältiges Einfetten der Gefässe. Dem Hereinfallen von Staubpartikeln wurde dadurch vorgebeugt, dass über die zum Auffangen des Blutes bestimmten Gefässe grosse trockene Bechergläser gestürzt wurden. Es wurde eine ganze Reihe von Versuchen angestellt. Ich will die Versuchergebnisse in einer Tabelle zusammenfassen.

Verhalten des aus der Arteria carotis entleerten Blutes.

Versuchs-nummer	Zeit bis zur Gerinnung des Blutes in Minuten:			
	Control-Probe	Vaselin-Glas	Paraffin-Glas	Naphtalin-Glas
1	5	10	23	—
2	5	30	42	—
3	10	30	30	—
4	10	50	75	—
5	8	45	60	—
6	5	—	60	30
7	6	—	78	70
8	—	—	60	60
9	7	50	45	45
10	—	30	30	—

Diese Tabelle zeigt, dass das Einfetten der Gefässe einen thatsächlichen, wenn auch nicht den Angaben Freund's vollkommen entsprechenden Einfluss auf die Gerinnungszeit des Blutes ausübt. Auch ist die Art der Gerinnung eine ganz andere als diejenige unter normalen Verhältnissen. Die Gerinnung geht sehr träge vor sich; sie beginnt immer am Boden des Gefässes und verbreitet sich von hier aus sehr langsam durch die ganze Flüssigkeitsschicht. Die in der Tabelle notirten Zeiten beziehen sich auf den Moment, in welchem am Boden des Gefässes die ersten Gerinnsel zu entdecken sind. Ueber eine Stunde und 18 Minuten konnte ich mittels Einfettung der Gefässe die Gerinnung des Blutes nicht verzögern. Ein Schüler Alexander Schmidt's, Strauch[1] ist der Meinung, es sei

[1] Strauch, Controlversuche zur Blutgerinnungstheorie von Dr. E. Freund. *Inaug. Diss. Dorpat.* 1880.

Digitized by Google

Freund nur deswegen gelungen, das Blut in den eingefetteten Gefässen beliebig lange flüssig zu erhalten, weil es Freund unter einer Oelschicht aufgefangen hat und so die Sauerstoffzufuhr dem Blute absperrte. Freund [1] hält die Oelschicht für nothwendig, weil „die Austrocknung der obersten Blutschichten selbst im Vaselingefässe Gerinnung nach sich zieht." Um nun sowohl den Zutritt des Sauerstoffs zum Blute nicht zu verhindern, andererseits aber die obersten Blutschichten vor der Austrocknung zu bewahren, brachte ich einfach das in den eingefetteten Gefässen aufgefangene Blut in eine bei gewöhnlicher Temperatur mit Wasserdampf gesättigte Atmosphaere. Aber auch dieses Verfahren änderte nichts an der Sachlage. In beiden unter diesen Cautelen angestellten Versuchen fand ich das Blut beim Nachsehen nach einer Stunde zu einem festen Kuchen geronnen.

Das Auffangen des Blutes in eingefetteten Gefässen verzögert also die Gerinnung um einen beträchtlichen Zeitraum. Ich vermuthe die Ursache dieser Erscheinung nicht in dem Fehlen der Adhäsion der Flüssigkeit, sondern in dem Mangel an rauhen Flächen, an welchen sich die Leukocyten und die Nucleïnplättchen so gerne festkleben.

Was nun Bohr's interessanten Versuch anlangt, so bin ich leider nicht in der Lage, denselben bestätigen zu können. Ich bin selbst im Unklaren, wie es kommt, dass ich den seinigen gerade entgegengesetzte Resultate bei derselben Versuchsanordnung, erhielt. Ich will hier einige Versuche anführen.

I. Versuch.

Einem kräftigen mittelgrossen Hund wird eine subcutane Morphiuminjection gemacht und das Thier nach einer halben Stunde auf dem Operationstische immobilisirt; während der Operation wird das Thier chloroformirt. Die rechte Carotis und die rechte Jugularis werden blossgelegt. Aus der Jugularis wird nun eine kleine Probe des Blutes entnommen, um die Gerinnungszeiten vor und nach der Ausschaltung der unterhalb des Zwerchfells liegenden Organe aus dem Kreislauf vergleichen zu können. Das Blut gerinnt in fünf Minuten. Durch die Arteria carotis dextra wird jetzt eine Canüle in die Aorta eingeführt, welche in der bekannten Weise an ihrem Ende mit einer Gummiblase versehen ist und welche zum Tamponiren der Aorta dienen soll. Die Blase wird durch Füllung der Canüle mit Wasser aufgeblasen, der Verschluss der Aorta lässt sich durch das plötzliche Verschwinden des Femoralis-Pulses constatiren. Nach

[1] l. c. S. 47.

Digitized by Google

20 Minuten, während welcher Zeit der Puls an der Femoralis kein einziges Mal wiederkehrt, wird der zweite Aderlass gemacht.

Das Blut gerinnt in 5 Minuten. Es gelang in diesem Falle das Thier noch einige Tage am Leben zu erhalten; es war an den Hinterbeinen vollständig gelähmt.

Ein zweiter in derselben Weise am Hund ausgeführter Versuch ergab dasselbe Resultat. Das Thier wurde gleich nach der Operation getödtet und bei der Section fand ich die gut gefüllte Blase in der Aorta knapp unter dem Zwerchfell oberhalb des Abganges der Coeliaca. Rings um die Blase hatten sich Gerinnsel gebildet. Die Aorta war gut tamponirt.

III. Versuch.

Bei diesem Versuch wird nur arterielles Blut zur Beobachtung genommen. Zu diesem Zwecke werden beide Carotiden eines Hundes freigelegt und aus der linken Carotis zunächst die Controlprobe entnommen. Das Blut der letzteren gerinnt in 5 Minuten. Der Tampon wird in die Aorta gebracht und die Blase bis zum gänzlichen Verschwinden des Pulses an der A. femoralis aufgeblasen. Nach 25 Minuten wird wieder Blut entnommen. Es gerinnt nach 3 Minuten.

Beim vierten Versuch, welcher am Hunde auf dieselbe Weise ausgeführt wurde, gerann das Blut vor der Tamponade der Aorta in sieben, dasjenige nach einem 25 Minuten langen Verschluss der Aorta in 1 Minute.

Bei der Section fand ich die prallgefüllte Gummiblase in der Aorta thoracica dicht oberhalb des Zwerchfells. Der Verschluss war hermetisch.

Da Bohr die von ihm benutzten Versuchsthiere curarisirt hatte, so glaubte ich auch den Einfluss des Curare in Betracht ziehen zu müssen.

V. Versuch.

Einem mittelgrossen, kräftigen Hunde werden 2 ccm einer 2 % Curarelösung subcutan injicirt und bald darauf die Tracheotomie gemacht und die künstliche Athmung eingeleitet. Die Controlprobe aus der linken Carotis gerinnt in 5 Minuten. Nach 15 Minuten langem Verschluss der Aorta wird wieder Blut entnommen; es gerinnt in 5 Minuten. Es werden noch mehrere Aderlässe gemacht und nur bei einem nach der Tamponade ausgeführten Aderlass bleibt das Blut eine halbe Stunde flüssig.

Sectionsbefund: Die gut gefüllte Blase, welche die Aorta genau verschliesst, befindet sich in der Aorta thoracica knapp oberhalb des Zwerchfells.

Der VI. Versuch an einem curarisirten Hunde ergab ein ähnliches Resultat. Also nicht das Curare trug die Schuld. Ich stellte noch eine

Digitized by Google

ganze Reihe von Versuchen an Kaninchen an, um die Einwirkung des Curare auf die Blutgerinnung einer eingehenden Prüfung zu unterwerfen. Ich konnte zwar eine Verzögerung der Gerinnungszeit um 25—30 Minuten constatiren, was aber nicht genügt mir den Bohr'schen Versuch klar zu machen. Ich muss also meine Versuche anführen, ohne zu einer Erklärung des Unterschiedes der beiderseitigen Versuche gelangt zu sein.

Die vorangegangenen Untersuchungen sind in der chemischen Abtheilung des physiologischen Instituts in Berlin ausgeführt worden. Dem Hrn. Professor Kossel und seiner mir vielfach zu Theil gewordenen Leitung verdanke ich eine systematische Einführung in das Gebiet der Chemie der Zelle und der Nucleïne. Für seine mannigfachen Anleitungen und erfahrenen Rathschläge vor jedem Schritt nach vorwärts, für das warme Interesse, welches er meiner Arbeit entgegenbrachte, sage ich ihm meinen wahrhaft empfundenen Dank.

Digitized by Google

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. V. u. VI.)

Die Abbildungen sind naturgetreu und keineswegs schematisirend.

Fig. 1—11. Verdauungsphasen der Leukocytenkerne und der Nucleïnplättchen.

Fig. 1. Leukocyten, rothe Blutkörperchen und Nucleïnplättchen vor der Verdauung.

Fig. 2. Erste Einwirkung der Pepsinsalzsäure; Differenzirung der Nucleïnplättchen.

Fig. 3. 4. 5. Die Leukocytenkerne treten allmählich hervor.

Fig. 6. 7. Die Nucleïnkörper der Kerne treten stark zu Tage. Bei einigen Nucleïnplättchen ist der Eiweissantheil schon verdaut. Das Cytoplasma der Leukocyten wird allmählich ganz blass.

Fig. 8. 9. 10. Das Volumen der Leukocyten wird kleiner, die Contouren verwischen sich. Der Eiweissantheil der meisten Plättchen verschwindet.

Fig. 11. Die Verdauung ist beendet. Der Nucleïnantheil ist homogen.

Fig. 12. Geronnener Blutstropfen, mit Wasser und Jod behandelt.

Fig. 13. Derselbe unter der ersten Einwirkung des Magensaftes. Das Fibrinnetz hat sich aufgelöst.

Fig. 14. Verdauungsrückstand nach 24 stündiger Verdauung. Tinction Rhodamin, Methylgrün. Nackte Kerne und Nucleïnplättchen in allen charakteristischen Formen; ein differenzirtes Nucleïnplättchen; nucleïnplättchenähnliche Elemente aus den Kernen heraustretend; andere den Kernen direct anliegend.

Fig. 15. Verdauungsrückstand (24 Stunden) ohne jedweder Tinction; Haematinfetzen, homogene Nucleïnplättchen und Kerne.

Fig. 16. Verdauungspraeparat aus einer Verdauung unter dem Mikroskop. Das Gesichtsfeld ist mit Nucleïnplättchen besät.

Fig. 17. Ranvier'sches Fibrinnetz mit nackten Leukocytenkernen. Behandlung: Jod.

Fig. 18. Gerinnungspraeparat nach 3 Minuten. Ein Leukocyt mit wandständigen Kernen. Die Fibrinfäden setzen sich an den Kernen an. (Methylgrün.)

Fig. 19. Gerinnungspraeparat nach 8 Minuten (Safranin, Gentiana, Orange.) Das Cytoplasma der Leukocyten ist vielfach durchrissen; beginnender Zerfall. An vielen Stellen setzt es sich in Schläuche fort, welche einerseits mit dem Kern in Verbindung stehen, andererseits nucleïnplättchenähnliche Gebilde umfassen.

Digitized by Google

Fig. 20. Gerinnungspraeparat nach 15 Minuten. Die Kerne sind fast nackt. (Methylgrün.)

Fig. 21. Gerinnungspraeparat nach 3 Stunden, (Rhodamin, Methylgrün.) Die Fibrinfäden haben sich in ihren den Kernen anliegenden Ansatzstücken violet tingirt.

Fig. 22. Gerinnungspraeparat nach 15 Minuten (Methylgrün); ganz nackte Leukocytenkerne.

Fig. 23. Gerinnungspraeparat nach 20 Minuten. Nackte Kerne, an welchen sich Fibrinfäden direct ansetzen. (Rhodamin, Methylgrün.)

Digitized by Google

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1891—1892.

VI. Sitzung am 15. Januar 1892.[1]

1. Der Vorsitzende gedenkt des grossen Verlustes, den die Physiologie durch den am 7. Januar erfolgten Tod E. Brücke's erlitten.

2. Hr. Dr. Max Levy (a. G.) hält den angekündigten Vortrag: Ueber Blutfülle der Haut und Schwitzen.[2] (Aus dem physiologischen Institut.)

Früher hat man im Allgemeinen den Einfluss des Blutes auf das Schwitzen überschätzt. Jenes sollte nicht nur den Stoff darbieten, aus dem der Schweiss gebildet wird, sondern auch in den Verhältnissen seines Druckes, seiner Geschwindigkeit u. s. w. die Kräfte schaffen, das Schweissorgan in Thätigkeit zu setzen. Das Blut sollte das hauptsächlichste schweisserregende Mittel sein, welches dem Körper zur Verfügung steht.

Anfangs, als man sich noch alle Vorgänge bei der Schweisssecretion rein physikalisch erklärte, lag solche Auffassung auf der Hand; später, besonders als man die Schweissdrüsen kennen gelernt und ihnen eine eigene specifische Thätigkeit zuschrieb, sollte der Blutstrom mehr mittelbar — durch Erregung der Schweissdrüsen wirken. Selbst die nervösen Einflüsse auf die Schweissabsonderung glaubte man ohne Hülfe der Circulation nicht erklären zu können.

Erst die Entdeckung unabhängig vom Kreislauf wirkender Schweissnerven im Jahre 1876 erschütterte ernstlich die alte Theorie, um so mehr, als sie verknüpft war mit der Entdeckung des Locus classicus für Schweissversuche: Hinterpfote der Katze. Da es nun feststeht, dass die Nerven ohne

[1] Ausgegeben am 12. Februar 1892.

[2] Die ausführliche Mittheilung wird in der *Zeitschrift für klinische Medicin* veröffentlicht werden.

Digitized by Google

Hülfe des Kreislaufes Schwitzen erregen können, so sollte man sich auch das Umgekehrte fragen, ob das Blut ohne Hülfe der Nerven dasselbe vermag. Auf Grund der vorhandenen Beobachtungen und Versuche, welche allerdings aus anderen Gesichtspunkten angestellt wurden, lässt sich vielfach darüber entscheiden, und zwar fiel die Entscheidung bisher immer negativ aus. Das gilt z. B. für einige Mittel, von denen man angenommen hatte, dass sie in erster Linie den Kreislauf anregen und in zweiter Linie dadurch Schweiss hervorrufen (Wärme, Wasser, Campher u. d. m).

Aber auch bei den unabhängig vom Centralnervensystem wirkenden Schweissmitteln (Pilocarpin, Muscarin u. s. w.), geht man kaum fehl, wenn man dem Kreislauf für das Zustandekommen des Schwitzens eine untergeordnete Rolle zuschreibt, da Anaemie und Cyanose den Einfluss jener Substanzen nicht aufheben.

Aus dem Verhalten der Schweissabsonderung dem Atropin gegenüber jedoch zu schliessen, dass sie unabhängig vom Blutdruck sei, oder gar dass besondere Schweissnerven existiren, geht so wenig an, wie ähnliches für die Speichelsecretion aus entsprechenden Gründen zu folgern. Wenn das Atropin verhütet, dass die Knäueldrüsen secerniren, obwohl Reizung der Gefässnerven noch starke Hyperaemie hervorruft, so verhindert es ja auch die Wirkung des Pilocarpins und Muscarins. Wer wird daraus schliessen, dass diese Mittel keinen Schweiss erregen? Gleichwohl hat man den Gefässnerven und dem Blutdruck wegen ihres Verhaltens dem Atropin gegenüber die schweisstreibende Kraft abgesprochen. Der Schluss ist also nicht gerechtfertigt. Vielleicht greift das Atropin eben nicht die Nerven, sondern die Drüsen selbst oder das umgebende Lymphgefässsystem an.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass starke Blutfülle der Haut zum Schwitzen praedisponirt. Wenigstens erklärt diese Annahme am einfachsten den Dupuy'schen Versuch: Durchschneidung des Halssympathicus beim Pferde mit consecutiver Hyperaemie und Hyperhidrose; denn man hat gefunden, dass ausser in den Bahnen des Sympathicus auch in denen der Gesichtsnerven Schweissnerven verlaufen. Die sich ebenfalls einer grösseren Anhängerschaft erfreuende Hypothese, dass sich im Halssympathicus schweisshemmende Nervenfasern befänden, wurde allerdings wieder neulich von Artloing in den Archives de physiologie vertheidigt. Aber der Autor gründete seine Meinung auf Pilocarpinversuche, welche wegen der peripheren Wirkungsweise des Mittels bei vorhandener Hyperaemie durchaus zweideutig sind.

Ueber die Rolle, welche das Blut als Nährflüssigkeit für die Schweissdrüsen spielt, giebt die Luchsinger'sche Arbeit über den Stenson'schen Versuch an den Schweissdrüsen der Katze einige Aufschlüsse.

Meine Versuche betreffen denselben Gegenstand. Statt des etwas umständlichen Stenson'schen Versuches wurde den übrigens nicht narkotisirten Thieren ein elastischer Schlauch um die blutleer zu machende Extremität gelegt. Dieses Verfahren ist nicht nur einfacher und also auch physiologischer, sondern leistet auch mehr, als der Stenson; denn während hier noch ein kleiner Kreislauf durch die epigastrischen Gefässe erhalten wird — der Lymphgefässe gar nicht zu gedenken — wird dort jeder Abfluss und Zufluss von Blut und Lymphe vollständig verhindert.

Digitized by Google

Die unmittelbare Wirkung der Constriction besteht in einer eigenthümlichen Zwangsstellung, und zwar neigen die grossen Gelenke dazu, sich zu strecken, die kleinen sich zu beugen.

Ein die Blutgefässe genügend comprimirender Schlauch braucht durch seinen Druck auf die Nervenstämme die Leitung des Nervenprincips durch die Schweissnerven hindurch nicht zu verhindern. Die circulationslose Pfote schwitzt meist noch auf Dyspnoe und oft noch spontan.

Ueber das sonstige Verhalten der aus dem Kreislauf zu schaltenden Pfote habe ich nichts wesentlich anderes gefunden als Luchsinger.

Was aber die Erholung der Schweissdrüsen nach Rückkehr des Blutes betrifft, so sah ich sie nicht allein noch nach 35 Minuten, sondern selbst nach fünf und mehr Stunden langer Blutleere wiederkehren. Es stimmt dies gut mit den von Stannius, Schiffer und anderen für die übrigen peripherischen Organe gemachten Angaben überein.

Die Zeit der Wiedererholung wurde bei gleichdauernden Anaemieen — es wurde nur bei einstündigen geprüft — von verschiedenartigen Reizen (Dyspnoe, Faradisation, Pilocarpin) im ganzen gleich angegeben. Nur wirkte Pilocarpin nach Durchschneidung des Hüftnerven, wohl infolge der dadurch bewirkten Hyperaemie etwas schneller.

Die verschieden lange Dauer der Blutleere zeigte einen verhältnissmässig geringen Einfluss auf die Zeit der Erholung. Ist nach Wiederkehr des Kreislaufes Schwitzen einmal eingetreten, so scheint sich fast durchgehends in einem gewissen Stadium eine Uebererregbarkeit der Schweissdrüsen einzustellen. (Näheres s. in Zeitschr. f. klin. Med.)

Eine sehr merkwürdige Erscheinung ist die der postanaemischen Schweisssecretion. Sie zeigte sich erst nach langem Abschluss des Blutes — nicht nach zwei Stunden, am frühesten, soweit beobachtet, nach drei Stunden 23 Minuten. Sie ist unabhängig vom Centralnervensystem, denn in allen solchen Versuchen waren die Schweissnerven (Ischiadici) durchschnitten. Das postanaemische Schwitzen begann immer schleichend und wurde nie reichlich.

Es handelt sich dabei nicht um ein blosses Herausdrücken von vorher in den Knäueldrüsen angesammeltem Secret durch die postanaemische Blutüberfüllung. Denn die Schweissabsonderung tritt auch ein, wenn man vorher die Pfote gut ausgedrückt hat, und auch wenn man die circulationslose Pfote bis zur Erschöpfung und weit darüber gereizt hat, so dass man annehmen kann, alles in der Drüse etwa vorhandene Secret dadurch herausgeschafft zu haben.

Ich kann keine ausreichende Erklärung für die postanaemische Schweissabsonderung geben. Ich halte es nicht einmal für sicher, dass es sich hier um eine einfache Folge von Ernährungsstörungen handelt. Vielleicht wirkt der durch den postanaemischen Zustand verursachte aussergewöhnlich grosse Puls als Reiz auf die Drüsen. Beachtet man, dass bei den sonst beschriebenen postanaemischen Functionen ein bedeutend kürzer dauernder Blutabschluss erforderlich ist, als bei der postanaemischen Schweisssecretion, so mag man daran denken, dass dort die Nervenenden, hier das Parenchym selbst gereizt wird.

Digitized by Google

Zur theoretischen Würdigung der postanaemischen Schweisssecretion sei zum Schlusse darauf hingewiesen, dass sie die erste Thatsache darstellt, welche beweist, dass im Körper unabhängig vom Centralnervensystem auch ohne schweisstreibende Gifte, allein durch die dem Körper zu Gebote stehenden Mittel eine, wiewohl geringe Schweisssecretion erregt werden kann. Dieses Mittel ist direct oder indirect der Blutstrom, dessen schweisstreibende Eigenschaft früher weit überschätzt, nach den neueren Versuchen aber sowohl bei erhaltenem, als zerstörtem Zusammenhang der Drüsen mit dem Centralnervensystem bisher geleugnet werden musste.

Endlich sei noch zum Vergleich mit den in gewisser Hinsicht ähnlichen paralytischen Secretionen anderer Drüsen aufgefordert.

VII. Sitzung am 5. Februar 1892.[1]

1. Hr. Dr. RENÉ DU BOIS-REYMOND (a. G.) hält den angekündigten Vortrag: Ueber Prof. Pictet's gereinigtes Chloroform.

Es ist fast ein Jahr, seit Prof. Pictet durch einen Fingerzeig des Hrn. Prof. Liebreich auf ein neues Verfahren zur Reinigung des Chloroforms geführt wurde, welches auf Krystallisation in der Kälte beruht. Die Möglichkeit dazu wird durch die Pictet'sche Kältemaschine gewährt, durch welche schon 1877 die sogenannten permanenten Gase in den flüssigen Zustand übergeführt worden sind. Das Agens zur Kälteerzeugung ist Verdunstung, welche ebenso wirkt wie bei dem bekannten Luftpumpenversuch.

Um hohe Kältegrade hervorzurufen, muss die Verdunstung sehr lebhaft sein. Am lebhaftesten verdunsten solche Flüssigkeiten, welche durch Compression luftförmiger Körper erzeugt sind. Um ohne einen grossen Vorrath der so hergestellten Flüssigkeit längere Zeit hindurch Kälte erzeugen zu können, wird das verdunstende Gas immer wieder aufgefangen und von neuem comprimirt. Die Verdunstungskälte wird auf das betreffende Object in der Weise übertragen, dass dieses in einen röhrenförmigen Raum gebracht wird, der von einem eng anliegenden hohlen Mantel umgeben ist. In dem Hohlraum des Mantels findet die Verdunstung statt. Durch ein Rohr ist der Mantelraum verbunden mit einer Luftpumpe, welche genau wie der Cylinder einer Dampfmaschine gebaut ist. Ihr Kolben ist vermittelst Bläuelstange und Welle unmittelbar mit dem treibenden Dampfcylinder verkuppelt. Diese Pumpe dient dazu, ein Vacuum zu erzeugen und die darin entstehenden Gase anzusaugen. Durch ihr Steigrohr fördert sie alsdann die Gase in eine zweite, ähnlich construirte Dampfpumpe, welche das Gas in einem durch Leitungswasser gekühlten Schlangenrohr condensirt, und von neuem dem Mantel des Kühlraums zuführt. So macht das kälteerzeugende Mittel einen vollständigen Kreislauf. Will man noch höhere Kältegrade erreichen, so

[1] Ausgegeben am 12. Februar 1892.

Digitized by Google

wird eine noch flüchtigere Substanz in einem zweiten genau ebenso eingerichteten Apparat in Bewegung gesetzt, welchem der Kühlraum des ersten Kreislaufs zum Condensor dient. So vorschreitend kann man dazu gelangen, die flüchtigsten Stoffe bei verhältnissmässig geringem Drucke zu verflüssigen. Als Mittel für den ersten Cyclus hat Prof. Pictet nach umfassenden Versuchen eine Mischung von schwefliger Säure und 2 Procent Kohlensäure gewählt, welche die Eigenthümlichkeit besitzt, bei gewöhnlicher Temperatur sich leicht zu Flüssigkeit verdichten zu lassen, dabei aber bei tieferer Temperatur noch unverhältnissmässig stark zu verdunsten. So bedarf sie zur Verflüssigung im Condensor nur zwei Atmosphaeren Druck, während ihre Verdunstung im Vacuum die Temperatur unter — 100° C. zu bringen vermag.

Als Mittel des zweiten Cyclus wird Stickoxydul angewendet, welches im Kühlraum des ersten Cyclus nur 12—15 Atmosphaeren zur Verflüssigung bedarf, und Kälte bis zu — 135° erzeugt. Endlich ist noch eine dritte Stufe im Pictet'schen Laboratorium im Betrieb, in welcher atmosphaerische Luft, bei — 135° und 75 Atmosphaeren Druck verflüssigt, die Temperatur bis auf — 213° herabsetzt. Viel näher an den absoluten Nullpunkt heranzukommen dürfte deshalb unmöglich sein, weil die Wärmestrahlung bei absolut niedriger Temperatur schwerer abzuhalten ist, als bei höherer. Ein halbes Meter dicke Baumwollpackungen, welche die Abkühlung erhitzter Körper stark beeinflussen, ändern fast gar nichts an der Erwärmung von Körpern, die unter — 50° gekühlt sind.[1]

Zur Krystallisation des Chloroforms bedarf es nur der ersten Stufe der Kältemaschine. Der Kühlraum wird mit gegen 100 kg Chloroform beschickt und die Maschine in Gang gesetzt. Ist die Temperatur bis auf — 30° gesunken, so scheidet sich eine geringe Menge flockiger schneeähnlichen Masse an der Oberfläche der Flüssigkeit ab, welche mittelst eines vorher versenkten Filters abgeschöpft wird.

Sie besteht im Wesentlichen aus Wasser und enthält natürlich auch alle anderen schnell festwerdenden Beimengungen. Bei — 70° gefriert alsdann von unten auf die gesammte Menge des Chloroforms, bis auf einen geringen Rest von Mutterlauge. Man stellt die Maschinen ab und lässt durch einen Hahn den flüssigen Theil abfliessen, wobei durch die sogleich auftretende Schmelzung an der Oberfläche der Krystalle dafür gesorgt ist, dass nicht etwa Unreinigkeiten eingeschlossen zurückbleiben. Das gefrorene Chloroform thaut alsdann allmählich auf, und kann ebenfalls abgezogen werden.

Das so gewonnene Chloroform zeichnet sich durch seine Reinheit aus. Es hat ein hohes specifisches Gewicht, sehr reinen Geruch und hält alle Proben der Pharmakopoe aus.

Leider sind diese Proben recht unzulänglich, und zeigen erst höhere Grade von Unreinigkeit an. Ein besseres Urtheil über die Reinheit von Chloroform gewährt dessen Haltbarkeit, zersetzenden Einflüssen, wie dem des Sonnenlichts, gegenüber. Um die Haltbarkeit zu vermehren, wird allen Chloroformsorten eine kleine Menge Alkohol zugesetzt, auch das Pictet'sche

[1] Die Temperaturangaben sind nach Alcoholthermometern, welche nur bis — 80° empirisch geaicht wurden. Weiterhin ist die Scala gleichmässig fortgesetzt, so dass die Angaben nur annähernd richtig sind.

Digitized by Google

Chloroform wird nach der Krystallisation noch auf besondere Weise rectificirt und mit Alkohol versetzt. Leider ist der Werth der Haltbarkeitsproben noch wenig anerkannt, da sich ein Theil der Fachmänner zu dem völlig unhaltbaren Satze bekennt: Je reiner ein Chloroform ist, desto leichter zersetzt es sich.

An dieser Stelle genügt es, anzugeben, dass sich die Rectification durch Kälte vorzüglich bewährt, und dass die Krystallisation mit einem Schlage alle fremden Beimischungen aus dem Chloroform entfernt. Auf der Mangelhaftigkeit der pharmaceutischen Prüfungsmittel aber mag es beruhen, dass gleich nach Einführung des neuen Chloroforms von allen Seiten die Frage laut wurde: Unterscheidet sich die Wirkung des krystallisirten Chloroforms physiologisch von der des gewöhnlichen?

Jedem Mediciner leuchtet ein, dass ein solcher Unterschied, der nicht einmal chemisch deutlich nachweisbar ist, durch Thierexperimente nicht demonstrirbar ist. Ich habe mich daher in meinen Versuchen darauf beschränkt, den Unterschied aufzufinden zwischen der Wirkung des reinen Chloroforms, und der der abgeschiedenen Unreinigkeiten, ja ich habe diese, welche ursprünglich noch sehr viel reines Chloroform enthalten, noch bis auf den 50. Theil des Volums concentrirt. Treibt man die Concentration noch weiter, so bleibt schliesslich eine dicke ölige dunkelbraune Schmiere zurück, die stechend und schlechten Lacken nicht unähnlich riecht. Ihr Mengenverhältniss zum ursprünglichen Chloroform ist nach meiner Schätzung nahe an 1:1000.

Zuerst machte ich Versuche am Froschherzen, indem ich Frösche in einprocentige Lösung von Chloroform oder Rückstand brachte, und nachdem sie narkotisirt waren, das durch Fensterschnitt blossgelegte Herz beobachtete.

Es ergab sich ein Unterschied in der Frequenz, welche durch den Rückstand mehr als durch das Chloroform vermindert wurde, und in der Erscheinung der einzelnen Zusammenziehungen, indem bei der Rückstandvergiftung eine diastolische Pause und verlangsamte peristaltische Systole eintrat. Es gelang mir indessen nicht, mit dem cardiographischen Apparat von Cowl und Gad diese wesentlichen Unterschiede aufzuzeichnen. Trotz der grossen Einfachheit des Apparates gehört offenbar sehr viele Uebung dazu, die Versuchsbedingungen jedes Mal genau entsprechend wiederherzustellen, und wenn auch fast jede Curve, die man erhält, ihre typische Gestalt und bestimmte Bedeutung hat, so ist es doch schwer, die verschiedenen Formen auseinander zu halten. Im Ganzen schien mir die vollere Form der Chloroformcurven, denen des Rückstandes gegenüber, auf verminderte Herzarbeit zu deuten.

Nachdem so ein Unterschied zwischen beiden Mitteln erwiesen war, schritt ich zu Versuchen am Warmblüter, und zwar am Kaninchen.

Die Versuche wurden durch Inhalation durch die Trachealcanüle angestellt. Der Blutdruck in der Carotis wurde mittelst des Hürthle'schen Manometers und die Athemzüge durch eine mit der Trachealcanüle communicirende Marey'sche Trommel aufgezeichnet.

Das betreffende Mittel wurde in ein Reagensglas gegossen, in welchem sich eine Rolle Löschpapier befand, und vor die Canüle gehalten.

Digitized by Google

Bei einiger Uebung kann so die Intensität der Einwirkung sehr genau abgemessen werden. Jeder Versuch wurde so lange fortgesetzt bis die Athmung stillstand. Dann wurde das Thier durch künstliche Athmung wieder belebt, und nach einer Erholungspause das andere Mittel angewendet. Dadurch wurde vermieden, dass die verschiedene Individualität der Versuchsthiere den Unterschied zwischen der Wirkung beider Mittel verwischte. Da ausserdem der Rückstand weniger flüchtig ist als das Chloroform, so erscheinen diejenigen Versuche besonders beweiskräftig, in welchen das Thier zuerst völlig frisch mit dem Rückstande behandelt wurde, und dann, durch die erste Narkose schon geschwächt, das Chloroform an zweiter Stelle doch besser vertrug.

Die Chloroformwirkung zeigte sich bei diesen Versuchen als genau übereinstimmend mit den Beschreibungen früherer Beobachter. Die Athmung stockt zuerst einige Secunden, geht dann mit erhöhter Intensität weiter, und fällt zum Schluss meist ganz allmählich, mitunter auch etwas schneller, ab. Der Blutdruck sinkt von Anfang an ziemlich gleichmässig, und fällt schnell, sobald die Athmung aufhört. Ausnahmslos schlägt das Herz noch einige Minuten nach dem Stillstande der Athmung weiter.

Die Unterschiede zwischen der Wirkung des Chloroforms und der des Rückstandes waren folgende:

Der Blutdruck war im Augenblicke des Athmungsstillstandes geringer nach Inhalation von Rückständen, als nach der von Chloroform, dagegen die Herzfrequenz grösser.

Der Athmungsstillstand trat bei Rückstandinhalation viel eher ein, als beim Chloroform, und zwar verhielten sich die Zeiten durchschnittlich wie 7:11.

Dieses Ergebniss, welches nur eine Verstärkung der Wirkung des Chloroforms durch den Rückstand bedeutet, wird verständlich durch die Beobachtungen Scheinesson's über Chloroformwirkung nach dem Vagusschnitte. Die Wirkung des Rückstandes ist dieselbe, wie die des Vagusschnittes, und man ist also berechtigt, anzunehmnn, dass der Vagus durch die Rückstandsinhalationen gelähmt wird. Ob dies unmittelbar oder mittelbar, etwa durch Reflexe von der Schleimhaut der unteren Luftwege bewirkt wird, steht dahin.

Man hatte auf das krystallreine Pictet'sche Chloroform die Hoffnung gesetzt, dass es die Gefahren der Narkose beseitigen würde. Dies kann natürlich nur insofern zutreffen, als die Gefahren auf Unreinheit des Chloroforms beruhen.[1] Dass unreines Chloroform überhaupt schädlich sei, wird zwar im Allgemeinen zugegeben, von einzelnen Aerzten jedoch bezweifelt. Meines Wissens die Einzigen, die in der Litteratur die Gefährlichkeit un-

[1] Wenn ein Arzt, nachdem er einen Patienten bei Anwendung Pictet'schen Chloroforms verloren hat, äussert, er werde es fortan nicht mehr gebrauchen, so kann man dies zwar vom subjectiven Standpunkte aus nachempfinden, wissenschaftlich aber nicht rechtfertigen. Hält er die Beimengungen des Chloroforms für ungefährlich, so ist nicht einzusehen, welche Vorzüge er von dem Pictet'schen Praeparat erwartete, erkennt er ihre Schädlichkeit, so muss er dem Chloroform den Vorzug geben, aus dem sie am vollkommensten entfernt sind, trotz eines Unglückfalles, der ja so viele andere Ursachen haben kann.

Digitized by Google

reinen Chloroforms energisch hervorheben, und sie durch gesammelte Beobachtungen zu beweisen suchen, sind Sédillot und seine Schüler. Nimmt man an, dass von je 20 Chloroformtodesfällen immer einer durch unreines Chloroform veranlasst ist, so würde man zum statistischen Nachweise, dass das krystallreine Chloroform diese Gefahr ausschliesst, doch mindestens 100 Fälle gegen 95 erbringen, das heisst also, wenn man auf 5000 Narkosen einen Tod rechnet, eine Million Narkosen statistisch vereinigen müssen.

Dazu ist erstens die Zahl der Narkosen überhaupt nicht gross genug, zweitens kann eine Statistik von solchem Umfange nicht mit hinreichender Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Beobachtung ausgeführt werden. Die Frage, welches Chloroform am ungefährlichsten sei, kann daher nur theoretisch entschieden werden.

2. Hr. HERM. MUNK macht drei kurze Mittheilungen:

1. Betr. den Nervus laryngeus superior des Pferdes.

2. Betr. die Folgen der Schilddrüsenexstirpation. Auf dieselben sind Injectionen von Schildrüsensubstanz ohne allen Einfluss. (Untersuchung von Hrn. Thuneberg.) Die Entfernung der Glandulae parathyreoideae bei Kaninchen ist bedeutungslos.

3. Ueber einen Affen, der bei erhaltenem Pupillarreflex vollkommen blind war, und dessen Section ausschliesslich eine Erkrankung beider Hinterhauptslappen ergab.

VIII. Sitzung am 19. Februar 1892.[1]

1. Hr. KATZENSTEIN (a. G.) hält den angekündigten Vortrag: Ueber die Medianstellung des Stimmbandes bei Recurrenslähmung.

Die Behauptung Wagner's, dass die Medianstellung des Stimmbandes bei Recurrenslähmung einzig durch die Wirkung des M. crico-thyreoideus bedingt werde, wurde von mir einer Controle unterzogen.

Vorher war es nothwendig, über die Natur des von Exner neu beschriebenen N. laryngeus medius, der den M. crico-thyreoideus mitversorgen solle, in's Klare zu kommen. Wagner hatte diesen Nerven ohne weiteres als bestehend angenommen.

Durch anatomische Untersuchungen am Hunde und am Affen, durch elektrische Reizversuche, durch Degenerationsversuche wurde der Nachweis erbracht, dass ein N. laryngeus medius im Sinne Exner's nicht besteht. Der betreffende Nerv ist beim Hunde der N. pharyngeus medius e vago, beim Affen der N. pharyngeus medius e vago et sympathico.

Die Untersuchungen, die in dem Laboratorium des Hrn. Prof. Munk mit gütiger Unterstützung meines Chefs, des Hrn. Dr. B. Baginsky ausgeführt wurden (am Hunde) ergaben weiter folgende Resultate:

[1] Ausgegeben am 26. Februar 1892.

Digitized by Google

1. Die Durchschneidung des N. recurrens bedingt, dass das gleichseitige Stimmband in Cadaverstellung tritt.

2. Die darauf folgende Durchschneidung des N. laryngeus superior hat zur Folge, dass das in Cadaverstellung verbleibende Stimmband um ein Geringes tiefer tritt und schlottert.

3. Die darauf folgende Durchschneidung des N. pharyngeus medius hat keinerlei Veränderungen an dem in Cadaverstellung stehenden, schlotternden Stimmbande zur Folge.

4. Die primäre Durchschneidung des N. pharyngeus medius bedingt keine Veränderung in der Stellung und Beweglichkeit des gleichseitigen Stimmbandes.

5. Die primäre Durchschneidung des N. laryngeus superior hat auf die Stellung des Stimmbandes keinen anderen Einfluss, als dass dasselbe um ein Geringes tiefer steht als das normale und schlottert.

Der M. crico-thyreoideus ist demnach nur der Straffer und Spanner des Stimmbandes; derselbe hat mit der Medianstellung des Stimmbandes (bei Recurrenslähmung) nichts zu thun.

Die Untersuchung wird demnächst in zwei Mittheilungen in Virchow's Archiv veröffentlicht.

2. Im Anschluss an diesen Vortrag verliest Hr. N. ZUNTZ folgende Mittheilung: Ueber die Stellung des Stimmbandes bei Lähmung des Nervus recurrens von J. von Mering (Halle) und N. Zuntz (Berlin).

Die Medianstellung des Stimmbandes, welche man in den ersten Tagen nach Lähmung des Nerv. laryngeus infer. öfters beobachtet, wurde von Wagner in mehreren Publicationen aus einer Wirkung des vom Laryngeus sup. innervirten Musc. crico-thyreoideus abgeleitet. Wir haben uns überzeugt, dass diese Annahme nicht richtig ist, obwohl die Grundlage derselben, die Beobachtung, dass das Stimmband, wenn es nach der Recurrensdurchschneidung die Medianstellung inne hat, nach Trennung des gleichseitigen Nervus laryngeus sup. in die Cadaverstellung übergeht, im Wesentlichen richtig ist. Weder directe oder indirecte Reizung, noch totale Exstirpation des M. crico-thyreoideus beeinflusst den Stand des Stimmbandes in der nach Wagner anzunehmenden Weise. Der in neuerer Zeit von Wagner in den Vordergrund geschobene Antheil des Lig. triquetrum und seiner „Contraction" (!?) am Zustandekommen der Medianstellung ist völlig unverständlich und die dafür angestellten Versuche entbehren der Beweiskraft.

Wir überzeugten uns, dass die motorischen Fasern des Nervus laryng. sup. an seinem Einfluss auf den Stand des Stimmbandes keinen Antheil haben, dass dieser Einfluss vielmehr auf einem durch die sensibeln Fasern des Nerven vermittelten Reflex auf die Kehlkopfmuskeln der anderen noch motorisch innervirten Seite und auf die Constrictores pharyngis beruht. Dementsprechend wirkt Cocainisirung des Kehlkopfinneren ebenso wie Darchschneidung des N. laryng. superior: das gelähmte Stimmband tritt aus der Median- in die Cadaverstellung, um event. wieder in die erstere zurückzukehren, einige Zeit nachdem die Sensibilität des Kehlkopfes zurückgekehrt ist.

Digitized by Google

Hiermit steht es im Einklang, dass man in tiefer Morphiumnarkose schon unmittelbar nach Durchschneidung des Laryng. infer. regelmässig Cadaverstellung sieht und dass andererseits die Durchschneidung des sensibeln Astes des Laryng. super. dieselbe ebenso einleitet, wie die Trennung des ganzen Nerven. Der spontane Uebergang der Medianstellung in Cadaverstellung im Laufe von 3 bis 6 Tagen nach der Recurrenslähmung dürfte auf einer allmählichen Gewöhnung an die anormalen Sensationen, welche die veränderte Stimmbandstellung erzeugt und einen damit gegebenen Nachlass der Correction erstrebenden motorischen Impulse beruhen.

X. Sitzung am 18. März 1892.[1]

Hr. GUMLICH hielt den angekündigten Vortrag: Ueber die Ausscheidung des Stickstoffs im Harn.

Das Interesse für das Verhalten der Mengen der einzelnen, im Harn ausgeschiedenen, stickstoffhaltigen Körper zu einander und zum Gesammtstickston ist in neuerer Zeit, namentlich in Folge der Untersuchungen von Pflüger, Bohland und Bleibtreu, erheblich gestiegen; es hat sich gezeigt, dass bei Gesunden vom Gesammtstickstoff des Harns nur etwa 86 Procent auf Harnstoff zurückzuführen sind, etwas mehr, ungefähr 89 Procent bei vorwiegender Fleischnahrung, weniger jedoch im Durchschnitt bei Fiebernden, nämlich gegen 84·5 Procent.

Methodische Untersuchungen pathologischer Harne in dieser Richtung liegen zur Zeit noch nicht vor, woran wohl vor Allem die Complicirtheit der betreffenden Methoden, welche unter klinischen Verhältnissen nur selten ausführbar sein dürften, Schuld ist.

Einer Aufforderung des Hrn. Prof. Kossel Folge leistend, hat der Vortragende die Phosphorwolframsäure auf ihre Brauchbarkeit als quantitatives Trennungsmittel der stickstoffhaltigen Substanzen des Harns geprüft, und in einer Reihe von Versuchen Folgendes gefunden: 1) in einer 1- bis 3procentigen Harnstofflösung entstand durch Phosphorwolframsäure kein Niederschlag; 2) wurde zu einer bestimmten Menge einer derartigen Harnstofflösung, deren Stickstoffgehalt vorher genau festgestellt war, eine bestimmte Menge einer Lösung von stickstoffhaltigen, durch Phosphorwolframsäure fällbaren Substanzen des normalen Harns hinzugefügt, und das Gemisch durch Phosphorwolframsäure gefällt, so fand sich in einer genau abgemessenen Menge des Filtrats eine dem berechneten Harnstoff genau entsprechende Stickstoffmenge vor; 3) wurde weiter einer bestimmten Menge des eben erwähnten Gemisches noch eine bestimmte Anzahl von Cubikcentimetern einer Chlorammoniumlösung zugesetzt, so enthielt, nach Ausfällung mit Phosphorwolframsäure, das Filtrat wiederum nur die dem berechneten Harnstoff entsprechende Stickstoffmenge und kein Ammoniak.

[1] Ausgegeben am 25. März 1892.

Digitized by Google

Bei der Fällung mit der Säure wurden folgende Vorsichtsmaassregeln beobachtet. Die auszufällenden Flüssigkeiten durften kein Pepton oder ähnliche, mit Phosphorwolframsäure einen voluminösen Niederschlag bildenden Stoffe, und die fällbaren Substanzen und Harnstoff ausserdem nicht in zu reichlicher Menge (passende Verdünnung der Harne) enthalten. In einer Vorprobe wurde zunächst genau ermittelt, wieviel Cubikcentimeter von der conc. Phosphorwolframsäurelösung zur vollständigen Ausfällung nothwendig seien. Die nach 24 Stunden vorgenommene Filtration geschah durch eine doppelte Lage besten Filtrirpapiers, und wurden die Proben zur weiteren Analyse, bei niedrigerem Filtrationsdruck, erst entnommen, nachdem die Flüssigkeiten mehrmals die Filter passirt hatten.

Bei der Harnanalyse wurden also auf diese Weise Harnstoff und sonstige, durch Phosphorwolframsäure nicht fällbare, unbekannte, stickstoffhaltige Substanzen von fällbaren wie Kreatinin, Harnsäure, Xanthin, Ammoniak u. s. w. getrennt, und es konnten somit die beiden Gruppen zukommenden Stickstoffmengen leicht nach Kjeldahl bestimmt werden. Es wurde sodann noch der im Harn praeformirte Ammoniakgehalt nach Schlösing festgestellt.

In zwei Versuchsreihen untersuchte nach diesem Verfahren der Vortragende an sich selbst den Einfluss der Nahrung auf die Componenten des Gesammtstickstoffs in seinem Harn. Er fand Folgendes:

Die absolute Menge des Stickstoffs der Extractivstoffe (als solcher wird die Differenz des durch Phosphorwolframsäure fällbaren minus Ammoniak-Stickstoff bezeichnet) war im Mittel am geringsten bei gemischter Kost, nämlich 1·32 gr pro die; sie betrug bei animalischer Kost 1·89 gr, bei vegetabilischer 1·5 gr.

Setzt man den Gesammtstickstoff gleich 100, so enthielt der Harn an durch Phosphorwolframsäure nicht fällbarem Stickstoff im Mittel bei gemischter Kost 85·6 Procent, bei Fleischkost 87·1 Procent, bei vegetabilischer 80·0 Procent. Der Procentgehalt an Stickstoff der Extractivstoffe, welcher bei gemischter Kost 9·5 Procent betrug, nahm ab bei Fleischkost (= 8·1 Procent), zu bei vegetabilischer Nahrung, bis auf 16·6 Procent.

Beim Uebergang von der Fleischkost zur Pflanzenkost fand zunächst an den ersten drei Tagen noch eine vermehrte Ammoniakausscheidung statt, so dass hier für dieselbe sogar die grössten relativen Zahlenwerthe, im Mittel 7·4 Procent Ammoniakstickstoff, erreicht wurden, während sich dieselbe bei gemischter und bei Fleischkost auf 4·9 Procent, bei länger dauernder vegetabilischer Ernährungsweise auf 3·8 Procent im Mittel belief.

Mit der Grösse des durch Phosphorwolframsäure nicht fällbaren Stickstoffs verglichen,

sank erstens der Gehalt an Extractivstoffen (deren Stickstoff = 1 gesetzt) von 1:9·15 bei gemischter Kost auf 1:10·6 bei Fleischkost und stieg bis auf 1:4·7 bei vegetabilischer;

sank zweitens der Ammoniakstickstoff (= 1 gesetzt) bei Fleischkost auf 1:18·4 von dem Verhältniss 1:16·0 bei gemischter, und bei länger dauernder Pflanzenkost sogar bis auf 1:21·2, während das Mittel der ersten drei, auf die animalische Kost folgenden Tage der vegetabilischen 1:12·7, bezw. 1:16.3 betrug.

Digitized by Google

Hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs der Ausscheidungen zeigte sich folgende Erscheinung. Das Maximum der Extractivstoffe trat mit grosser Regelmässigkeit einen Tag später auf als diejenigen des Gesammtstickstoffs, des Ammoniaks und des durch Phosphorwolframsäure nicht fällbaren Stickstoffs, welche ihrerseits im Grossen und Ganzen zusammenfielen.

Schliesslich wurde noch, namentlich in der zweiten Versuchsreihe, die Beobachtung gemacht, dass an Tagen mit grösserer und schnell erfolgender Körpergewichtsabnahme absolut und relativ sich die grössten Werthe für den Stickstoff der Extractivstoffe ergaben.

Bei einer grossen Reihe von Untersuchungen pathologischer Harne, welche der Vortragende ausgeführt, hat sich weiterhin im Allgemeinen Folgendes gezeigt.

Solche Fieberkranke, die sehr geringe oder gar keine Nahrung zu sich nahmen und in Folge dessen schnell erheblich an Körpergewicht verloren, schieden besonders reichlich Extractivstoffe aus (gute Herz- und Nierenthätigkeit vorausgesetzt), so ein Pneumoniker im Anschluss an den initialen Schüttelfrost pro die 2·35 gr, während der Krisis 2·2 gr, am Tage nach der Krisis 3·83 gr N als Extractivstoff, gleich 15·0 Procent bezw. 12·6 Procent und 16·1 Procent vom Gesammtstickstoff; bei einem schweren, durch Milzabscesse complicirten Abdominaltyphus betrug der Stickstoff der Extractivstoffe sogar 20 Procent vom Gesammtstickstoff. Andere Fiebernde, welche genügende Nahrung zu sich nahmen und deren Allgemeinzustand nicht so schwer litt, zeigten in dieser Beziehung zumeist keine Abweichungen vom normalen Verhalten. Vermehrung der Extractivstoffe war ferner häufig, auch ohne Fieber, bei solchen Zuständen vorhanden, wo Inanition mit stärkeren Muskelanstrengungen in Folge von Dyspnoe (Asthma, schweren, nicht complicirten Herzfehlern u. dgl.) sich vereinigte.

Im Hinblick auf diese Erscheinungen und die obige Beobachtung an sich selbst vermuthet Vortragender, dass die vermehrte Ausscheidung von Extractivstoffen vorwiegend durch vermehrten Zerfall von Körpereiweiss bedingt ist. Auch fand sich andererseits, dass ein Diabetiker, welcher täglich eine grosse Quantität Fleisch verzehrte und im Durchschnitt 35·0 gr N im Harn entleerte, an Stickstoff der Extractivstoffe im Mittel nur 1·5 gr aufwies.

Hinsichtlich des Ammoniaks war oft eine beträchtliche Vermehrung beim Fieber, bei schweren Stauungszuständen, beim Diabetes mellitus (hier bis zu 4·2 gr NH_3 pro die) und bei einigen Fällen von acuter und chronischer Nierenerkrankung vorhanden. Bei einem Falle von Uraemie zeigte der Harn vor dem Anfall einen höheren Ammoniakstickstoff- als Extractivstickstoffgehalt, welches Verhalten sich nach dem Anfall umkehrte. Es ist wohl möglich, dass die verlangsamte Ausscheidung von Extractivstoffen gegenüber dem Harnstoff und dem Ammoniak bei der Entstehung uraemischer Erscheinungen Nierenkranker eine Rolle spielt.

Die ausführlichere Mittheilung erfolgt in der Zeitschrift für physiologische Chemie.

Digitized by Google

XI. Sitzung am 1. April 1892.[1]

1. Hr. LEON LILIENFELD hielt den angekündigten Vortrag: Ueber Leukocyten und Blutgerinnung.

Die bedeutungsschweren Entdeckungen Alexander Schmidt's klärten in hohem Maasse die früher dunkle Frage der Blutgerinnung und wurden zu dem Grundstein einer Gerinnungslehre, welche Schmidt und seine Schüler späterhin allmählich ausbauten. Kurz gefasst lautet die Theorie Alexander Schmidt's: Das Fibrinferment, ein Decopositionsproduct der Leukocyten, bewirkt die Faserstoffgerinnung, indem es den Zusammentritt der fibrinoplastischen Substanz oder des Paraglobulins mit dem Fibrinogen zu Fibrin veranlasst. Durch mehrfache Bedenken geleitet modificirte Hammarsten in einer Reihe geistvoller Arbeiten die chemische Gerinnungstheorie Schmidt's dahin, dass, obgleich die Gegenwart der fibrinoplastischen Substanz oder des Paraglobulins die Coagulation beschleunigt und die Menge des gebildeten Fibrins vermehrt, die Gegenwart des Fibrinogens schon allein genügt, um unter der Einwirkung des Fibrinfermentes einen typischen Faserstoff zu liefern. Das eigentliche Wesen des Processes, welcher die Fibrinfactoren in Faserstoff überführt, ist noch vollständig dunkel und wird heute durch das zwar familiäre, aber höchst ohnmächtige Wort „Zusammentritt" übersetzt. Von allgemeinstem biologischen Interesse ist jener Theil der Schmidt'schen Lehre, welcher den Gerinnungsvorgang in innige Verknüpfung mit den Leukocyten bringt. Eine Erweiterung wurde der Blutgerinnungsfrage durch die Untersuchungen Rauschenbach's zu Theil, welcher in der Faserstoffbildung einen allgemeinen cellulären Vorgang erkannte. Bekanntlich gelangte Rauschenbach zu seinen Ergebnissen durch Versuche mit verschiedenen Zellen, deren wässeriges Extract im Salzplasma Gerinnung erzeugte, während die Zellen als solche vollkommen wirkungslos waren. Aus seinen Versuchen folgt unmittelbar, dass die Leukocyten und andere Cellulargebilde den gerinnungeinleitenden Stoff im freien Zustande nicht erhalten, sondern eine Vorstufe desselben. Das kaltfiltrirte Pferdeblutplasma besitzt die Fähigkeit, das Fibrinferment von den Zellen abzuspalten, während das Salzplasma als Reagens für freies Fibrinferment bloss auf Zusatz von wässerigen Zellenextracten geriunt. Die wässerigen Extracte werden um so wirksamer, je länger das Wasser auf die Zellen eingewirkt hat.

Die Untersuchungen, über welche hier berichtet wird, wurden ausgeführt, um Aufklärung zu erhalten, welcher Theil der Zelle den Ausgangspunkt für die Faserstoffgerinnung bildet und welcher primäre Stoff derselben die Fibrinbildung vollzieht.

Vorerst das Morphologische. Ich fertigte eine Reihe von Praeparaten in folgender Weise an. Ich liess einen mit einem Deckgläschen aufgefangenen Blutstropfen durch verschiedene Zeiträume unter Verhütung der Verdunstung auf dem Objectträger gerinnen, wusch nachher das nunmehr entstandene Faserstoffnetz mit einem Wasserstrahle von den rothen Blutkörperchen vollständig frei, fixirte es längere Zeit mit Herrmann'scher Lösung oder

[1] Ausgegeben am 8. April 1892.

Digitized by Google

Osmiumsäure, tingirte, trocknete das Praeparat an der Luft und schloss in Canadaxylol ein. Als Farbstoffe leisteten mir gute Dienste: Doppelfärbung mit Rhodamin und Methylgrün oder Saffranin und Gentianaviolet mit nachheriger Extraction von Gentiana in Orange. Bei Anwendung der ersten Färbungsmethode erscheinen die Kerne der Leukocyten und die Nucleïnplättchen intensiv grün oder blau, das Cytoplasma und das Fibrinnetz dagegen roth. Die auf diese Weise erhaltenen Bilder ergeben in erster Linie, dass sich die Fibrinfäden ausser, wie bekannt, an den Nucleïnplättchen, an den Zellkernen der Leukocyten festsetzen. Man kann deutlich beobachten, wie die Fibrinfäden durch das Cytoplasma an den Kern heranreichen. Noch belehrender ist aber die Thatsache, dass gleich im Anfang der Gerinnung die Kerne in der Regel eine wandständige Lagerung einnehmen. Während der Gerinnung tritt auch folgende merkwürdige Erscheinung zu Tage: Sehr viele von den mit den Fibrinfäden verknüpften Kernen der Leukocyten treten vermittelst eines von dem Cytoplasma gebildeten schlauchartigen Fortsatzes aus dem Cytoplasma heraus. Ich möchte diesen Vorgang Karyoschise nennen. Man gewinnt den Eindruck, als ob die Faserstofffäden die Kerne gewaltsam an die Wand und aus dem Cytoplasma herausziehen. Im weiteren Verlaufe der Gerinnung zerfällt das Cytoplasma und man bekommt schliesslich viele nackte Leukocytenkerne zu Gesichte. Diese Befunde gewinnen eine Bedeutung bei Heranziehung der bekannten biologischen Thatsache, nach welcher Zellkerne zur Zeit, wo sie an die Zellwand oder nach aussen Stoffe abgeben, aus der Mitte der Zelle nach der Wand hinwandern. Die Karyoschise erinnert lebhaft an die interessanten Beobachtungen Loewit's, welcher im Krebsblute vor der Gerinnung einen Austritt von Kügelchen aus den Zellen in das Blutplasma sah (Plasmoschise). Fasst man in's Auge, dass die Blutplättchen, wie ich vor kurzer Zeit mittheilte, aus Nucleïn bestehen und wahrscheinlich als Derivate des Zellkerns der Leukocyten anzusprechen sind, so liefern die Befunde, dass die Fibrinfäden einerseits an den Leukocytenkernen, andererseits an den Nucleïnplättchen ihre Insertionsstellen finden, sowie die Thatsache der wandständigen Lagerung der Kerne und die Karyoschise einen werthvollen Beleg für meine gleich zu besprechenden chemischen Versuche.

Die Untersuchung der Leukocyten der Thymus- und der Lymphdrüsen ergiebt die Anwesenheit eines Körpers, welcher für die Faserstoffgerinnung von hoher Bedeutung zu sein scheint. Man kann diesen Körper sowohl aus den Leukocyten, als auch aus der ganzen Drüse gewinnen. In grösseren Quantitäten wurde dieser Körper in folgender Weise isolirt. Die direct aus dem Schlachthause kommenden Kalbsthymus- oder Lymphdrüsen wurden sorgfältig von anhängendem Fett und Blutgefässen vollkommen befreit, fein zerhackt, mit Wasser ausgeschüttelt und die Nacht über kalt stehen gelassen. Nachher wurde colirt und die Flüssigkeit centrifugirt. Von dem hierbei entstehenden kleinen Bodensatz wurde die Flüssigkeit abgegossen und filtrirt. Aus dem nun resultirenden, von zelligen Elementen völlig freien Wasserextract wurde der Körper mit Essigsäure ausgefällt, auf einem Filter gesammelt, in Wasser aufgenommen, durch Zusatz von ein wenig Natriumcarbonat gelöst, filtrirt und durch Essigsäure wieder gefällt. Zur Elementaranalyse wurde der Körper mit essigsäurehaltigem Wasser, Weingeist, kaltem absoluten Alkohol behandelt, nachher mit heissem absoluten Alkohol drei- bis

Digitized by Google

viermal ausgekocht und schliesslich mit Aether vollends erschöpft. Die ganz weisse Masse wurde mit der Spatel in kleine Stücke zerbröckelt und im Vacuum getrocknet. Nach Abdunsten des Aethers stellte der Körper ein schneeweisses, äusserst zartes Pulver dar, welches sich sehr leicht trocknen lässt. Dieser durch Säuren in sehr grossen Quantitäten grobflockig fällbare Körper stellt ein phosphorreiches Proteïd mit eigenthümlichen Eigenschaften dar, dessen Löslichkeitsverhältnisse von denen der bisher bekannten Nucleïne abweichend sind, welcher aber trotzdem der grossen Gruppe der Nucleïne zugezählt werden muss. Ich schlage für diese Substanz den Namen Leukonucleïn vor.

Das Leukonucleïn ist im Ueberschuss der Säure löslich und sehr leicht löslich in verdünnten Neutralsalzlösungen. Ferner ist es löslich in ganz verdünntem Natriumcarbonat, Natriumphosphat, Natronhydrat, verdünnten Säuren, Ammoniak und Ammoniumsulfid, unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, Benzol. Die neutrale Lösung des Leukonucleïns wird gefällt durch Kohlensäure, Essigsäure, Salzsäure, Platinchlorid, Silbernitrat, Quecksilberchlorid. Die Lösung ist nicht fällbar durch Sättigung mit Magnesiumsulfat oder Kochsalz. Mit Natronhydrat und Salzen quillt das Leukonucleïn nicht.

Aus der Lösung in Natronhydrat oder Natriumcarbonat fällt durch Alkohol die Natriumverbindung des Leukonucleïns, welche in Wasser leicht löslich ist. In der wässerigen Lösung der letzteren fällt durch Baryumchlorid die Baryumverbindung. Danach ist das Leukonucleïn als Säure aufzufassen.

Das Leukonucleïn giebt Millon'sche Reaction, Xanthoproteïnreaction und schwache Biuretreaction nach längerem Stehen. Das Leukonucleïn zersetzt Wasserstoffsuperoxyd, welche Eigenschaft nach der Behandlung mit Alkohol und Aether verloren geht. Nach der Behandlung mit Alkohol wird es auch in Natriumcarbonat, Salzen und Säuren unlöslich.

Versetzt man eine klare salzsaure Lösung des Leukonucleïns mit Pepsinsalzsäure und erhält sie im Brütofen bei Körpertemperatur, so entsteht schon nach kurzer Zeit ein reichlicher Niederschlag, welcher sich nach fünf- bis sechsstündiger Einwirkung des künstlichen Magensaftes nicht mehr vermehrt. Die Untersuchung dieses Bodensatzes ergiebt einen erhöhten Phosphorgehalt.

Das Leukonucleïn spaltet sich in alkalischer Lösung in Eiweiss und Leukonucleïnsäure. Durch Zusammenbringen einer schwach essigsauren beliebigen Eiweisslösung mit einer essigsauren Leukonucleïnsäurelösung entsteht ein Niederschlag, welcher eigenthümlicherweise im Ueberschuss der Säure wieder löslich ist. Das auf diese Weise regenerirte Leukonucleïn zeigt also dieselbe Eigenschaft wie dasjenige aus den Leukocyten dargestellte.

Durch Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure liefert die Nucleïnsäure als weitere Spaltungsproducte freie Phosphorsäure und die charakteristischen stickstoffreichen Nucleïnbasen, unter denen ich Adenin, Hypoxanthin und Guanin nachweisen konnte. Wie mir Hr. Professor Kossel gütigst mittheilte, liefert die Nucleïnsäure aus der Thymusdrüse als Spaltungsproduct auch ein Kohlehydrat.

Digitized by Google

Die weitaus markanteste Eigenschaft des Leukonucleïns ist, dass es, wie die Elementaranalyse mehrerer Praeparate ergab, ein Körper mit scharf ausgeprägter chemischer Individualität und vollkommen constanter Zusammensetzung ist, worin es sich von den anderen bisher studirten Nucleïnen vortheilhaft unterscheidet. Ich habe das Leukonucleïn sowohl vor als nach der Reinigung durch Auflösung in Natriumcarbonat analysirt und hierbei vollkommen übereinstimmende Zahlen gefunden, was noch einen wichtigen Beleg für die chemische Individualität dieses Körpers liefert. Ich habe auch das Leukonucleïn nach einer abweichenden Methode aus den Leukocyten selbst dargestellt und dieselbe Phosphorzahl gefunden. Die Elementaranalyse des Leukonucleïns ergab im Mittel folgende Zahlen:

C = 48·41 Procent,
H = 7·21 „
N = 16·85 „
P = 2·425 „
S = 0·702 „

Bei längerem Stehen im trockenen Zustand scheint sich das Leukonucleïn zu verändern, da ich nach mehrwöchentlichem Zeitraum in demselben Praeparat etwas höhere Zahlen für den Phosphor fand.

Der Verdauungsrückstand nach vollendeter Verdauung ergab

P = 4·991 Procent.

Rauschenbach und Wooldridge erwähnen in ihren Arbeiten ebenfalls einen durch Essigsäure fällbaren Körper, ohne seine Eigenschaften zu beschreiben. Aus der einen von ihnen betonten Eigenschaft, dass ihr Körper in überschüssiger Säure unlöslich war, geht hervor, dass sie eine andere Substanz oder vielleicht ein Gemenge von Substanzen in der Hand hatten.

Im Jahre 1884 hat Hr. Professor Kossel in den Kernen der rothen Blutkörperchen der Gans einen propeptonartigen Körper entdeckt, welchem er den Namen Histon verliehen hat. Das Histon war dort in Verbindung mit dem Nucleïn. Bei der Untersuchung des salzsauren Extractes der Leukocyten zeigte sich, dass auch in denselben Histon in verhältnissmässig grossen Mengen vorhanden ist. Das Histon wurde in folgender Weise aus den Leukocyten gewonnen. Die isolirten Leukocyten wurden mit kohlensäurehaltigem Wasser in der Centrifuge mehrere Male gewaschen, nachher wurden sie mit verdünnter Salzsäure angerührt, kurze Zeit extrahirt und auf's Filter gebracht. Das salzsaure klare Filtrat wurde in zwei Portionen getheilt. Der eine Theil wurde mit Ammoniak bis zur alkalischen Reaction versetzt: es fällt dabei das Histon als ein weisser flockiger Körper heraus, welcher sich gut zu Boden setzt. Die zweite Portion wurde eingedampft und durch Alkohol und Aether gefällt. Der Körper zeigt alle Eigenschaften des von Professor Kossel beschriebenen Histons. Durch Ammoniak wird er in den unlöslichen Zustand übergeführt. Mit Natronlauge und Kupfersulfat giebt er in der Kälte Rothfärbung. Die neutrale Lösung des Histons wird gefällt durch Ammonsulfat, Chlorammon, Magnesiumsulfat, Natriumcarbonat, Ammoniak, Kalkwasser, Aetznatron. Durch Natriumphosphat, neutrales und basisches Bleiacetat, Essigsäure, Schwefelsäure, Calciumchlorid, Quecksilberchlorid ist die Lösung nicht fällbar. Zur Synopsis des Körpers wurde der Ammoniakniederschlag des Histons analysirt.

Digitized by Google

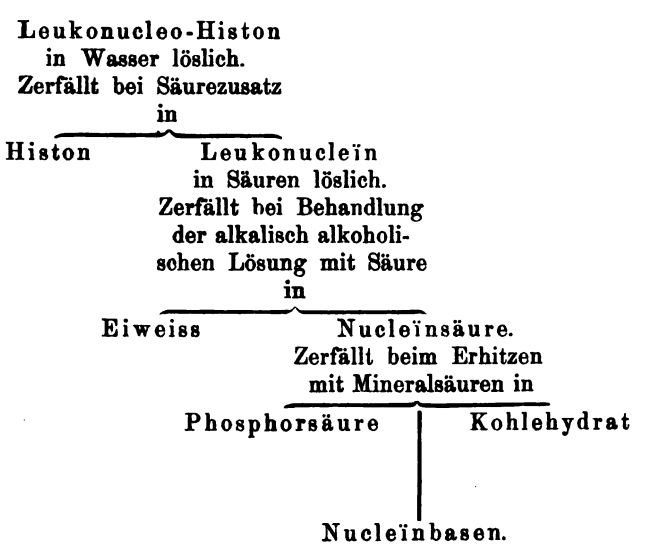
Es ergaben sich folgende Zahlen:

Lilienfeld:	Kossel:
C 52·34	C 52·31
H 7·31	H 7·20.

Durch das Auffinden des Histons in den Leukocyten ist die Frage, ob die letzteren Träger von Nährstoffen und im Speciellen von Peptonen im Thierkörper sind, der Lösung näher gerückt. Andererseits verlieren die bisherigen Peptonuntersuchungen in thierischen Geweben und Organen sehr viel an Werth, weil das Histon bei denselben vernachlässigt wurde.

Da das Histon in Wasser löslich ist, im Wasserextract der Leukocyten aber durch Ammoniak keine Spur desselben nachzuweisen ist, so ist es wohl klar, dass das Histon in chemischer Verbindung mit dem Leukonucleïn in den Leukocyten vorhanden ist. Diese in Wasser lösliche Verbindung lässt sich, wie ich erst gestern fand, durch Fällung des Wasserextractes mit Alkohol und Aether darstellen. Durch Fällung der wässerigen Lösung dieser Verbindung mit Säure bekommt man im Filtrate einen durch Ammoniak fällbaren Körper. Es ist nicht ausgeschlossen, dass dieses Leukonucleo-Histon mit einem Körper identisch ist, welchen Alexander Schmidt als Cytoglobin beschrieben hat.

Die Beziehungen dieser Körper zu einander lassen sich demnach durch folgendes Schema versinnlichen:



Danach ist die Ausscheidung des Leukonucleïns durch Essigsäure nicht als einfache Fällung, sondern vielmehr als Spaltung eines höheren Atomcomplexes in seine zwei Componenten: Leukonucleïn und Histon aufzufassen.

Ich kehre jetzt zu der Bedeutung des Leukonucleïns für die Faserstoffgerinnung zurück. Ich benutzte zu meinen Versuchen die Schmidt'sche

Digitized by Google

Reactionsflüssigkeit auf freies Fibrinferment, dargestellt durch Auffangen von Pferdeblut in 28 Procent Magnesiumsulfatlösung, nachheriges Verdunsten im Vacuum und Auflösen des Rückstandes in 7 Theilen Wasser. Das Praeparat, welches ich benutze, gerinnt überhaupt nie spontan, weder mit noch ohne Wasserzusatz.

Fügt man aber zur Reactionsflüssigkeit eine neutrale Lösung von Leukonucleïn hinzu, so gerinnt es unter Einhaltung gewisser Maassregeln innerhalb eines Zeitraumes von zwei Stunden zu einem festen Kuchen. Es übertrifft in der Schnelligkeit des Einwirkens eine reine, nach Schmidt dargestellte Fibrinfermentlösung. Seines Coagulationsvermögens wird es beraubt durch Erhitzen. Das Wasserextract dieses Körpers hat kein coagulatives Vermögen. Eine Beimengung von Globulinen ist ausgeschlossen, was daraus ersichtlich ist, dass Uebersättigung mit Magnesiumsulfat einer Leukonucleïnlösung keine Spuren eines Niederschlages giebt.

Es unterliegt wohl gar keinem Zweifel, dass das Leukonucleïn ein Bestandtheil des Zellkerns der Leukocyten ist, was daraus folgt, dass bei Einwirkung von Pepsinsalzsäure auf die Leukocyten unter dem Mikroskope, wie ich in einer früheren Publication festgestellt habe, das Cytoplasma vollständig verdaut wird.

Durch diese eben mitgetheilten Untersuchungen und meine mikroskopischen Befunde wird also das coagulative Vermögen der Leukocyten, welches man bisher dem Zellenleib derselben zuschrieb, auf ihren **Zellkern** übertragen.

Diese Schlussfolgerung findet noch ihre Stütze in einer Reihe von Thatsachen. Rauschenbach erhielt einen die Gerinnung erzeugenden Körper, indem er die rothen Blutkörperchen des Huhnes mit kohlensäurehaltigem Wasser behandelte und den hierbei unlöslichen Stoff sammelte. Er glaubte, Stromata der rothen Blutkörperchen vor sich zu haben; in der That aber hatte er fast nur die Kerne derselben in der Hand, welchen noch ein faseriges Gebilde anhängt. Ich habe mich von der Richtigkeit dieser Anschauung durch geeignete Versuche überzeugt. In allen anderen, von Rauschenbach als Gerinnungerreger benutzten Körpern hatte er immer sehr nucleïnreiche Gebilde vor sich und frappant ist schon die Thatsache, dass es unter allen, von ihm untersuchten Cellulargebilden kein einziges gab, welches in seiner coagulativen Wirkung den Spermatozöen gleichgekommen wäre. Die Spermatozäen übertreffen sogar die Leukocyten erheblich an Intensität des coagulativen Vermögens, indem sie in nicht vollen zwei Minuten Gerinnung einleiten. Zieht man in Erwägung, dass die männlichen Sexualzellen die nucleïnreichsten Gebilde im thierischen Organismus sind — nach Miescher z. B. beträgt der Gehalt der Lachsspermatozöen an Nucleïnsäureprotamin mehr als 75 Procent der Gesammtmenge der Spermatozöen —, so findet man wohl auch einen Rückhalt für die Behauptung, dass mit dem Nucleïnreichthum der protoplasmatischen Gebilde ihr coagulatives Vermögen wächst. Ich habe die Versuche von Rauschenbach wiederholt und kann sie vollends bestätigen.

Einer der strittigsten Punkte der Blutgerinnungslehre ist die Frage nach der Beziehung der Plättchen zur Faserstoffbildung. Während einige Autoren die Betheiligung der Plättchen an der Faserstoffbildung leugnen,

Digitized by Google

behaupten sie andere, und Bizzozero vindicirt ihnen sogar die Hauptrolle bei der Blutgerinnung. Ich habe vor einigen Monaten die Ehre gehabt, über Versuche zu referiren, welche es bewiesen haben, dass die Plättchen ihrer Hauptmasse nach aus Nucleïn bestehen. Ich kann heute diese Thatsache durch eine neue allgemeine mikrochemische Phosphorreaction, mit deren Ausarbeitung auf Anregung von Hrn. Professor Kossel Hr. Dr. Monti und ich eben jetzt beschäftigt sind, und welche die Plättchen ausserordentlich scharf geben, endgültig bestätigen. Danach ist es wohl als unzweifelhaft anzunehmen, dass auch den Nucleïnplättchen eine wichtige Rolle bei der Gerinnung zukommt. Wie nun das coagulative Vermögen des Leukonucleïns zu deuten ist, weiss ich jetzt noch nicht zu entscheiden. Es sind nur zwei Möglichkeiten denkbar: entweder ist das Fibrinferment an das Leukonucleïn chemisch gebunden oder ist das Leukonucleïn das Zymogen des Fibrinfermentes.

Zum Schlusse fasse ich noch einmal die Ergebnisse meiner Versuche zusammen:

Die Faserstoffgerinnung ist eine Function des Zellkerns der Leukocyten.

Der gerinnungsauslösende Stoff des Zellkerns der Leukocyten ist ein in Säuren lösliches, phosphorreiches Proteïd, das Leukonucleïn.

Mikroskopisch kommen die nahen Beziehungen des Zellkerns der Leukocyten in der Entsendung der Fibrinfäden, wandständigen Lagerung der Kerne und der Karyoschise zum Ausdruck.

Es existirt kein Grund, um den Nucleïnplättchen einen activen Antheil an der Gerinnung abzusprechen.

In den Zellkernen der Leukocyten befindet sich in Verbindung mit dem Leukonucleïn ein peptonartiger Körper, das Histon. —

Auf Aufforderung des Hrn. Professors Kossel führte ich auch eine Analyse der aus der Thymusdrüse isolirten Leukocyten aus. Meines Wissens ist es die erste Analyse einer normalen, thierischen Zelle. Dem ersten Assistenten, Hrn. Dr. Krüger statte ich für die mir zu Theil gewordene werthvolle Hülfe meinen besten Dank ab.

Es ergaben sich im Mittel folgende Zahlen:

Trockensubstanz der Leukocyten im Durchschnitt:

11·49 Procent.

Auf 100 Theile der Trockensubstanz berechnet fand ich:

Gesammtphosphorgehalt . . .	3·036
Gesammtstickstoffgehalt . . .	15·05
Eiweissstoffe	1·76
Leukonucleïn	68·78
Histon	8·67
Lecithin	4·51
Fette	4·02

Digitized by Google

Cholesterin	4·40
Glykogen	0·80
Silberverbindung der Nucleïnbasen	15·17

Geradezu frappant ist die ungeheuere Menge von Leukonucleïn und die verschwindend kleine Menge der Eiweisskörper. Ich muss noch bemerken, dass mehrere Analysen gut übereinstimmende Zahlen ergaben.

Ich habe auch in den Leukocyten Protagon nachgewiesen.

Die ausführliche Darstellung der Methoden und der Details meiner Untersuchungen wird in der Zeitschrift für physiologische Chemie erscheinen.

Digitized by Google

RECEIVED
JUL 30 1892

Ueber den Hautsinn.

Von

Dr. phil. et med. Max Dessoir,
Privatdocenten an der Universität zu Berlin.

In den folgenden Auseinandersetzungen wird der Versuch gemacht, eine Physiologie des „niedersten" Sinnes zu skizziren. Während die wissenschaftliche Erforschung der durch Auge und Ohr vermittelten Empfindungen bereits tief in Einzelheiten gedrungen ist, verharrt die Erkenntniss der übrigen Wahrnehmungskreise noch auf der Stufe einer ganz allgemeinen und häufig unklaren Uebersicht. Insbesondere sind die Sinnesthätigkeiten, die irgendwie an die äussere Haut gebunden sind, seit E. H. Weber's Zeit nicht mehr von dem Standpunkte systematischer Untersuchung aus durchleuchtet worden, so viel schätzbare Beiträge zu Einzelfragen die letzten Jahre auch immer geliefert haben. Die so verbliebene Aufgabe ist freilich im Folgenden nicht gelöst, denn über gar viele Probleme musste geschwiegen oder wenigstens schnell fortgegangen werden, aber sie ist vielleicht durch die theoretischen Erwägungen schärfer formulirt und durch die experimentellen Untersuchungen enger begrenzt worden. Jene Erwägungen füllen den ersten Abschnitt; an ihn schliessen sich an Untersuchungen über den Temperatursinn, die Berührungs-, Druck- und Muskelempfindungen und über die Gemeingefühle. Die beiden zuletzt genannten Theile werden aber erst nach einiger Zeit veröffentlicht werden können.

Bei meinen Arbeiten habe ich mich der werthvollen Beihülfe Anderer, besonders der Mitglieder unserer Berliner psychologischen Gesellschaft, erfreut. Die Herren, die mich bei den physiologischen Experimenten, den klinischen und histologischen Beobachtungen unterstützten, werden an den betreffenden Stellen mit dem Ausdrucke meiner Erkenntlichkeit genannt werden. Gleich zu Anfang aber muss ich meinem verehrten Lehrer, Hrn. Professor Hermann Munk, den herzlichsten Dank aussprechen: hat er doch nicht nur während der letzten drei Jahre mir ein Zimmer in dem von ihm geleiteten Laboratorium der kgl. thierärztlichen Hochschule in

Digitized by Google

Berlin zur Verfügung gestellt und mit seltener Liberalität die Beschaffung der nöthigen Apparate ermöglicht, sondern auch an vielen meiner Ueberlegungen förderndsten Antheil genommen. Möchte er finden, dass die Abhandlung selbst ihm den schuldigen Dank in würdiger Weise abstatte.

- - -

Zur Lehre von den Empfindungen überhaupt.

I. Der Begriff der Empfindung.

A. Empfindung und Wahrnehmung.

1. Hermann von Helmholtz hat mit dem fruchtbaren Tiefsinne wahrhaft philosophischen Denkens vielfach Wege gewiesen, die nachher die gewissenhafte Einzelforschung gangbar machte und bis an's Ziel verfolgte. Auch in der Auffassung des Verhältnisses von Empfindung zu Wahrnehmung ist die gegenwärtige Wissenschaft zum grossen Theile von Helmholtz' Begriffsbestimmungen abhängig. Von ihnen werden wir daher mit Nutzen unseren Ausgang nehmen können.

Helmholtz lehrt: „Unsere Empfindungen sind Wirkungen, welche durch äussere Ursachen in unseren Organen hervorgebracht werden.“ [1] Diese Erklärung ist offenbar zu weit, denn sie umfasst auch alle die anderen ungezählten Wirkungen der Aussenwelt auf unseren Organismus, die nicht in Empfindungen umgesetzt werden. Demgemäss wird sie an anderer Stelle dahin ergänzt, dass „Empfindungen Eindrücke auf unsere Sinne seien, insofern sie uns als Zustände unseres Körpers (speciell unserer Nervenapparate) zum Bewusstsein kommen.“ Allein die Unrichtigkeit dieser eingeschränkten Definition lässt sich mit Händen greifen: die Lichteindrücke beispielsweise erscheinen dem natürlichen Menschen niemals als Zustände seines Körpers, sondern als Eigenschaften von Aussendingen, geschweige denn als Zustände der Nervencentra, von deren Vorhandensein er ja doch gar

---

[1] Helmholtz, *Thats. in der Wahrnehmung.* S. 12. *Phys. Optik.* S. 192. Aehnlich Cl. Bernard, *La science expér.* S. 218. „La sensibilité est l'aptitude de l'être vivant à répondre aux sollicitations du dehors par des modifications qui lui sont propres.“ — In Betreff der weiteren Litteraturangaben sei bemerkt, dass grundsätzlich bloss neuere Schriften und von diesen nur diejenigen berücksichtigt worden sind, die entweder eine sehr kennzeichnende, sei es den Auseinandersetzungen des Verfassers zustimmende, sei es widersprechende Ansicht enthalten, oder die den Leser weiterzuführen geeignet sind. Die nach dem 1. November 1891 erschienenen Arbeiten konnten nicht mehr benutzt werden.

Digitized by Google

nichts ahnt. Ausserdem liegt in dem „zum Bewusstsein kommen" gerade der Knotenpunkt des Problemes — wenigstens für die psychologische Auffassung. Wir kommen auch nicht weiter, wenn wir hören, dass Wahrnehmungen sich auf äussere Objecte beziehen, etwa innerhalb des Gesichtssinnes auf die Existenz, die Form und die Lage von Gegenständen; was wir aus allem dem entnehmen können, ist lediglich zweierlei: erstens die sicherlich falsche Auffassung der Empfindungen als subjectiver Modificationen des Bewusstseinsinhaltes und zweitens das Bestreben, die Wahrnehmungen als etwas verhältnissmässig Zusammengesetztes nachzuweisen.

Ehe wir indessen von hier aus weitergehen, müssen wir auf eine andere Unklarheit in Helmholtz' Bestimmungen aufmerksam machen. Sie betrifft den Gebrauch des Wortes „Vorstellung". Während manchmal (z. B. Optik, S. 427, 798) Vorstellung die Wahrnehmungen und die Erinnerungsbilder gleichmässig zu umfassen scheint, wird sie sonst (z. B. Optik 435) auf Bilder beschränkt, die von keinen gegenwärtigen sinnlichen Empfindungen begleitet sind. Wir werden uns im Folgenden aus bekannten Gründen[1] dem ersten Wortgebrauche anschliessen. Es ist im Interesse einer den Ausdrücken Gefühl und Wille gleichstehenden Bezeichnung wünschenswerth, einen Terminus für die ganze Klasse seelischer Thatsachen zu besitzen, von welcher Wahrnehmungen und Erinnerungsbilder nur Arten sind; ja es scheint im Hinblick auf Traumbilder und Hallucinationen durchaus erforderlich zu sein, an der gegebenen Bezeichnungsweise festzuhalten.

2. Der eine Grundgedanke der Helmholtz'schen Begriffsbestimmungen legt es nahe, die Wahrnehmungen und Empfindungen nach ihrer jeweiligen Stellung zum Bewusstsein zu unterscheiden. Eine kurze Ueberlegung zeigt indessen, dass trotz der weitschichtigen Litteratur, die hierher gehört,[2] dieser Gesichtspunkt nicht als einziger aufgestellt werden darf. Vor allen Dingen desshalb, weil in der Wissenschaft eine Einigkeit über Wesen und Umfang des Bewusstseins[3] nicht besteht; alsdann, weil wir über den Zusammenhang zwischen Empfindungs-Vorgang und -Inhalt nichts Bestimmtes wissen. Wie mir scheint, darf nur der Act des Em-

[1] Wundt, *Phys. Psych.* II, 1 f.; Scripture in *Philos. Stud.* VII, 2. S. 220.

[2] Bain, *Mental and moral science.* S. 2 ff, *Emotion and will.* S. 560 ff.; Brentano, *Psychol.* S. 102 ff.; Fischer, *Zur Theorie der Gesichtswahrn.* S. 163; Gutberlet, *Psychol.* S. 10 ff. u. 67; Lotze, *System der Philos.* I, 14 ff. II, 502 ff., *Grundzüge der Psych.* S. 1 ff., *Mikrokosm.*[3] I, 246 ff.; Ulrici, *Leib u. Seele.* S. 282; Uphues, *Wahrn. u. Empf.* S. VI ff., 10 ff., 40 ff.; Schuppe, *Erkenntnisstheoret. Logik.* S. 68; Wundt, *Logik* I, 12 u. 378.

[3] Meine eigene Anschauung habe ich dargelegt in dem Vortrage „Das Doppel-Ich." S. 2 ff. u. in der *Vierteljahrsschr. f. wissensch. Phil.* XV, 69 ff. u. 359 f.

Digitized by Google

pfindens und nicht sein Inhalt als im engeren Sinne des Wortes bewusst angesprochen werden. Dass ich sehe, ist ein Bewusstseinsvorgang, aber was ich sehe, ist nicht im gleichen Sinne in meinem Bewusstsein, sondern ausserhalb desselben in der Körperwelt. Wenn man nun will, mag man jenen Act einen Gegenstand der inneren, diesen Inhalt einen Gegenstand der äusseren Wahrnehmung[1] nennen, oder noch besser für jenen den Ausdruck Empfindung, für diesen den Ausdruck Wahrnehmung vorbehalten. Da nämlich bei dem Erfassen von Processen im eigenen Körper der Empfindungsvorgang den Empfindungsinhalt an Stärke erheblich übertrifft und umgekehrt bei dem Erfassen von Veränderungen draussen der Inhalt den Vorgang in den Hintergrund drängt, so würde die vorgeschlagene Theorie in erfreulichem Einklange mit der Uebung des gewöhnlichen Lebens stehen. Die Sprache sagt ja nicht: ich empfinde einen Apfel, sondern: ich nehme ihn wahr; nicht: ich nehme Müdigkeit wahr, sondern: ich empfinde sie. Kurz, mit der Wahrnehmung ist das Bewusstsein bloss synthetisch verknüpft, während die Empfindung es als analytisches Praedicat enthält. (Uphues.)

Abweichungen von dem normalen Verhältnisse finden sich gelegentlich und lassen sich unschwer erklären.[2] Die meist subjectiven Muskelempfindungen werden zu Wahrnehmungen, sobald wir die Schwere eines Körpers beurtheilen. Andererseits, wenn wir eine frische Auster schlürfen, vergessen wir die Auster ganz und sind nur noch Feinschmecker. Oder um ein edleres Beispiel zu wählen: erinnern wir uns an die Weihestunden musikalischen Empfängnisses, an jene Augenblicke, wo wir „ganz Ohr" waren — gewiss darf man von ihnen sagen, dass in ihnen mehr empfunden als wahrgenommen wurde. Aus solchen Bewusstseinsverschiebungen ergiebt sich übrigens unmittelbar, dass die Dinge nicht so sind, wie wir sie wahrnehmen, und wohl auch, dass die Hauptmerkmale der Objecte in deren räumlicher Selbständigkeit und in der zeitlichen Stätigkeit ihrer Veränderungen bestehen.

Indessen, so geschlossen die vorgetragene Ansicht auch dem eigenen Nachdenken erscheinen mag, so gering ist die Hoffnung, mit ihrer Hülfe zu einer allgemein brauchbaren Unterscheidung der beiden Begriffe allein zu gelangen. Festsetzungen über den Antheil des Bewusstseins an Empfindung und Wahrnehmung bilden keine hinreichend solide Grundlage,

---

[1] So ausser Ulrici a. a. O. besonders Spencer, *Die Principien der Psychologie*. II, 246 f. Innere Bedenken gegen diese Terminologie von B. Erdmann aufgedeckt, s. *Vierteljahrsschr. f. wissenschaftl. Phil.* X, S. 320.

[2] Pesch, *Das Weltphaenomen*. S. 14 u. 24; Sourian in *Rev. phil.* XVI, p. 62—66; Stumpf, *Tonps.* I, p. 23; Wundt, *Logik*. I, S. 413, *System der Phil*. S. 271 u. in den *Phil. Stud.* VII, S. 33. Auf Pesch und Wundt bezieht sich der Schlusssatz des Absatzes.

Digitized by Google

da sie auf der schwankenden Conception des Bewusstseins ruhen. Wir sind daher genöthigt, nach anderen Hülfsmitteln Umschau zu halten.

3. Eine nicht selten ausgesprochene[1] Anschauung versucht wahrscheinlich zu machen, dass die Empfindungen mit stärkeren Gefühlen als die Wahrnehmungen durchsetzt oder sogar mit den Gefühlen zu identificiren sind. Gegen die letzte Behauptung möchte ich gleich hier entschiedenen Einspruch erheben. Wir besitzen in dem Worte „Gefühl" einen so vortrefflichen Ausdruck für die eine der drei Hauptgruppen seelischer Thätigkeit, für die Zuständlichkeiten Lust und Unlust, dass eine Vermischung desselben mit den dem Vorstellungsgebiet angehörenden Empfindungen geradezu eine Sünde gegen die Klarheit psychologischer Benennung und Auffassung bedeutet. Die theoretische Ueberlegung hat auch da streng zu scheiden, wo in Wirklichkeit die Grenzgebiete in einander fliessen: es thut daher der Berechtigung dieser Terminologie keinen Abbruch, wenn Gefühle alle Empfindungen schattenhaft begleiten sollten. Hat Goering doch aus dem gleichen Thatbestande gefolgert, dass die gefühlsfreien Wahrnehmungen Empfindungen heissen müssten.

Mit etwas grösserer Berechtigung hat man eine Zerlegung der Sinnesvorstellung in Wahrnehmung und Empfindung vorgenommen. Jede Vorstellung eines äusseren Gegenstandes, so sagt man, führt die Vorstellung eines inneren mit sich; jene wird dann Wahrnehmung oder Perception, diese Empfindung oder Sensation oder körperliches Gefühl genannt. Augenscheinlich deckt sich diese Theorie mit der unter 2. besprochenen Scheidung zwischen Empfindungsvorgang und -Inhalt; sie fügt ihr lediglich eine neue Nuance bei. Der Anschauungsvorgang ist danach zusammengesetzt und besteht in der Wechselwirkung zweier Factoren, „aus deren einem sich die objective, deren anderem sich die subjective Erfahrung gestaltet." „Das Bewusstsein verhält sich folglich gegenüber der ‚Empfindung' nicht rein empfangend, sondern zugleich selbstthätig; denn das Gefühl ist, wie schon seine Gleichartigkeit gegenüber der Ungleichartigkeit der Qualitäten beweist, die Rückwirkung der Thätigkeit des Bewusstseins auf dieses selbst" (Riehl). Indessen, auch wenn man an der Mitthätigkeit des Organismus bei dem Anschauungsprocesse die Gefühlsseite hervorhebt, werden die in dem zweiten Untertheil dieses Abschnittes hervorgehobenen Bedenken nicht hinfällig. Die Bedenken wachsen aber an Stärke bei dem unter Anderen von Aubert

[1] So von Malebranche u. Reid, wie Hamilton, *Lectures on Metaphysics.* II, p. 93 ff. 1870 darlegt. Ferner zu vergleichen: Enoch, *Begriff der Wahrn.* S. 32; Boehmer, *Die Sinneswahrn.* 1868. S. 162; Bergmann, *Grundlinien einer Theorie des Bewusstseins.* S. 35; Goering, *System der krit. Philos.* I, S. 47; Mach, *Beitr. zur Analyse der Empf.* S. 16; Joly in *Rev. phil.* XXII, 113; Riehl, *Phil. Krit.* II, 1 S. 38 f. u. 196.

Digitized by Google

(Physiol. der Netzhaut §. 2) unternommenen Versuch einer Uebertragung in's Physiologische.

Die dualistische Auffassung ist noch einer anderen als der eben erwähnten Spielart fähig. Man kann nämlich den Nachdruck nicht sowohl auf die Betheiligung des Gefühles als vielmehr des Verstandes legen.[1] Alsdann tritt freilich die Erklärung von Empfindung und Wahrnehmung als verschiedener Seiten eines und desselben Vorganges zurück zu Gunsten ihrer Definition als verschiedener Stufen einer im Wesentlichen gleichartigen Thätigkeit; und die Ansicht wandelt sich ferner dahin, dass auch das Object der äusseren Wahrnehmung als Bewusstseinszustand gefasst wird. Immerhin steht diese Lehre der bisher erörterten näher als der unter 4. zu besprechenden. Sie beschränkt sich entweder im Einzelnen darauf, bloss der Wahrnehmung den Charakter einer Erkenntnissthätigkeit, einer Auslegung und Verwerthung der Empfindung zuzusprechen, oder sie bemüht sich, diesen intellectuellen Factor zu zergliedern. Dabei werden nun die mannigfaltigsten Ideen laut, je nach dem philosophischen Glaubensbekenntnisse des Forschers. Das Mehr, das zu den Empfindungen hinzutritt, um aus ihnen Wahrnehmungen zu machen, soll sein: die Aufmerksamkeit, das Spiel der Associationen, das Bewusstsein, die Summe zugehöriger Erinnerungsbilder, das Sinnesurtheil u. s. f. Natürlich verzichten wir auf eine Kritik der besonderen Theorien, denn dergleichen lässt sich nicht im Vorübergehen erledigen. Aber man sieht schon aus der einfachen Aufzählung, wie innig die ganze Art der Unterscheidung zwischen Empfindung und Wahrnehmung mit psychologischen Gedankenkreisen, die zum Theil der Willkür des Einzelnen unterliegen, verbunden ist.

4. Eine letzte Anschauung, die auf den ersten Blick von den bisher geschilderten Gesichtspunkten völlig abzuweichen scheint, sucht die Unterscheidung aus dem Merkmale der Zusammengesetztheit abzuleiten. Der Inhalt der Empfindung soll ein einfacher, der der Wahrnehmung ein zusammengesetzter sein. Und genauer: die Wahrnehmung soll eine Anzahl von Empfindungen als ihre Componenten enthalten, z. B. die Wahrnehmung eines Klanges die reinen Tonempfindungen.[2] Daraus folgt, dass die Empfin-

[1] Aubert, *Physiol. der Netzhaut.* S. 9 in Uebereinstimmung mit E. H. Weber u. v. Helmholtz; Dewey, *Psychol.* S. 27; Liebmann, *Ueber den objectiven Anblick.* S. 13 ff. u. S. 126 ff.; Ziehen, *Leitf. der physiol. Psychol.* S. 16 u. S. 137; Sully, *Outlines of Psychol.* S. 43 ff., 140 ff., 153; *Handbook of Psychol* S. 104 ff., 120 ff. Durchgängig sind die citirten Bücher von Uphues und Fischer zu Rathe zu ziehen; neuerdings nun auch das erst nach der Niederschrift dieser Abhandlung veröffentlichte Werk von Hermann Schwarz: *Das Wahrnehmungsproblem.*

[2] Dewey, *Psychol.* S. 34; Fechner, *Elemente der Psph.*[1] II, 69; Fick, *Lehrb. der Anat. u. Physiol. der Sinnesorgane.* S. 29; Green in *Contemp. Review.* XXXI,

Digitized by Google

dung nicht immer bewusst zu sein braucht und in vielen Fällen nur durch Abstraction erschlossen wird, um den complicirten Inhalt einer Wahrnehmung verständlich zu machen. Sie entspricht dem „Atom" der Naturwissenschaft und bedeutet ein nicht weiter zerlegbares Element, einen letzten Bestandtheil der inneren Erfahrung. Insofern die Empfindungen in jedem Wahrnehmungsvorgange als in einem zusammengesetzten Process verbunden werden, kehren sie beim Wechsel der Objecte regelmässig wieder, ermöglichen Vorstellungen, Gefühle, Triebe und gelten als Grundlage aller übrigen psychischen Zustände. Ihnen fehlt also der Character des Raum-Zeitlichen, und was eng damit zusammenhängt, die zwangsmässige Verlegung nach aussen. Dass hingegen die zusammengesetzten Wahrnehmungen externalisirt werden, bedarf keiner Erklärung, weil es im Begriffe der Wahrnehmung selber liegen soll. — Diese Schwäche des Gedankenganges, wie eine andere minder bedenkliche, werden wir später erörtern; hier bloss eine Illustration. Wenn ein Kind fragt: was ist das für ein grosses Thier? so antwortet man ihm: eine Kuh; und wenn es weiter fragt: was ist denn eine Kuh? so erwidert man: solch ein grosses Thier. Aber sind wir Kinder, dass wir uns an derartigen Definitionen genügen lassen können?

Ueber die Entstehung der Wahrnehmung aus Empfindungen sind zweierlei Hypothesen möglich. Angenommen, ich höre einen Klang, meinetwegen das a^3 eines Klavieres, ohne mir der Obertöne bewusst zu werden: sind dann die diesen entsprechenden und von der Klangfarbe verschluckten Empfindungen wirkliche psychische, wenngleich unbewusste Zuständlichkeiten oder sind sie lediglich physiologische Processe? In solchen Fällen kann man zweifelhaft darüber sein, ob die Elemente der Wahrnehmung bereits psychisch sind oder erst das Endergebnis ihrer physischen Summation eine seelische Innenseite gewinnt. Wer Ernst macht mit der Lehre vom psychischen Atome, muss das erstere annehmen und die heutzutage epidemische Scheu vor dem Unbewussten überwinden; wer dagegen der zweiten Ansicht zuneigt, giebt die Definition der Empfindung als eines wirklich letzten Elementes preis. Jenem zufolge würde der physiologische Begleitvorgang in der Grosshirnrinde sich abspielen, diesem zufolge im Rückenmark oder in den tieferen Schichten des Grosshirns und erst als Resultat einer Sammelarbeit in die Rinde gelangen. Die psychophysische Theorie hätte einen Fall der Verschmelzung, die physiologische ein Beispiel

---

747; James, *Princ. of Psychol.* I, 150 ff. u. II, 2 ff.; Kuelpe in *Vierteljahrsschr. für wissensch. Phil.* XI, 424, wo Litteraturangaben aus Höffding, Horvicz, Lotze, Nahlowsky, Volkmann u. bemerkenswerthe kritische Ausführungen; G. Hermann Meyer, *Ueber Sinnestäuschungen.* S. 9; Seth, *Scottish Philosophy.* S. 89; Stumpf, *Tonps.* II, 65; Wundt, *Beiträge zur Theorie der Sinneswahrn.* S. 439.

Digitized by Google

der Summation zu verzeichnen. So das Problem, das wir hier nicht etwa lösen — behüte! — aber aufweisen, mit Fingern zeigen wollen.

Kehren wir nun zu der Begriffsbestimmung zurück und erinnern wir uns, dass wir anfangs zwischen Act und Inhalt der Wahrnehmung unterschieden hatten. Es scheint, dass, je einfacher eine Sinnesvorstellung ist, d. h. je mehr sie sich der Empfindung nähert, sie desto stärker die Betheiligung des Bewusstseins hervortreten lässt, und dass umgekehrt diese Betheiligung um so mehr verdrängt wird, je zusammengesetzter die Wahrnehmung ist. Man kann daher wohl beide Gesichtspunkte mit einander verknüpfen und folgende Definition aufstellen, die sowohl dem wissenschaftlichen Sprachgebrauche als auch den thatsächlichen Verhältnissen einigermassen gerecht wird: Empfindung heisst eine vom Bewusstsein der seelischen Eigenthätigkeit getragene Sinnesvorstellung einfachster Natur, Wahrnehmung eine Sinnesvorstellung zusammengesetzter Natur, bei der die Betheiligung des Subjectes für die natürliche Auffassung zurücktritt. Da nun die Uebergänge vom Einfachen zum Zusammengesetzten und vom Innen zum Aussen schrittweise sich vollziehen, wird man im einzelnen Falle manchmal zweifelhaft sein können, zu welcher Art eine bestimmte Sinnesvorstellung zu rechnen sei und beliebig bald Empfindung, bald Wahrnehmung anwenden. Aber niemals werden wir von der Empfindung eines Apfels oder der Wahrnehmung einer einfachen Berührung sprechen, sondern grundsätzlich an der gegebenen Unterscheidung festhalten.

Mit der Empfindung als dem Bewusstseinselemente beschäftigt sich der nächste Abschnitt. Seine Begrenzung findet er in dem Plane der Abhandlung, der ja dahin geht, das Verständniss der Hautempfindungen zu fördern.

B. Die Eigenschaften der Empfindung.

1. Es ist eine Lebensfrage für die Psychophysik des Hautsinnes, ob die Empfindung als eine Grösse bezeichnet werden darf oder nicht.[1] Wenn nämlich diese Frage bejaht wird, so würden wir uns für die Darstellung des weittragenden Nutzens erfreuen können, den die angewandte Mathematik bietet und der darin gipfelt, dass in vielen Fällen durch ihre Zeichensprache ohne mühsame (logische) Ueberlegungen oder (psychologische) Experimente aus einer erkannten Beziehung neue abgeleitet

[1] Münsterberg, *Ueber Aufgaben und Methoden der Psychol.* S. 138 ff.; Preyer, *Elemente der reinen Empfindungslehre.* S. 17 ff., 26 ff.; 44 ff.; Henry in *Rev. phil.* XXVIII, 380.

Digitized by Google

werden. Die wissenschaftliche Discussion ist zwar bisher kaum je auf den Kernpunkt des Problemes näher eingegangen, im Allgemeinen aber der Ansicht beigetreten, dass in der Psychologie höchstens numerische Beschreibung auf Grund von Wahrnehmungsurtheilen, keine Berechnung auf Grund von Schlüssen möglich ist. In der That scheint es sich so zu verhalten, wie wir auf Grund einer Erwägung über den Begriff der Grösse andeuten wollen.

Jeder Ausdruck für eine Grösse besteht aus zwei Componenten: der Einheit der Grösse (n) — sagen wir Masse, oder Länge, oder Zeit — und ihrem Zahlbetrage z. B. 2. Da nun die Einheit einer gegebenen Empfindung eine Elementarempfindung sein müsste, keine Empfindung aber als das Doppelte oder Dreifache dieser Elementarempfindung bezeichnet werden kann, so ist die Uebertragung hinfällig. Es bliebe noch der Ausweg übrig die Zeit als Einheit anzusetzen. Denn würde die Zeitdauer einer Empfindung proportional zu ihrer Stärke und ferner in einem gesetzmässigen Verhältnisse zu der Dauer und Stärke der Reize wachsen, so könnte man die Empfindung als eine Zeitgrösse bezeichnen. Wir wissen jedoch nicht, ob die genannten Voraussetzungen zutreffen, und wir besitzen bisher — trotz allen Reactionsversuchen — kein Mittel, die Dauer eines psychischen Processes bezw. der Thätigkeit einer Grosshirnrindenzelle zu messen. Vielleicht dass aus einer Untersuchung von optischen Nachbildern und ihren Veränderungen durch Bewegungen des Körpers eine Handhabe entstehen mag. Aber auch dann bliebe der Beweis für die Richtigkeit namentlich der ersten Voraussetzung noch zu führen.

Ferner könnte man aus der Thatsache, dass Empfindungen nicht nur in ihrer Intensität, sondern auch in der Qualität eine Steigerung erfahren, einen Rückschluss zu Gunsten der Grössenlehre ableiten. Indessen fehlt das Bindeglied der Continuität. Eine Grösse ändert sich continuirlich, wenn sie bei dem Uebergange von einem Werthe zum anderen alle Zwischenwerthe nach einander annimmt; eine solche Aenderung aber kennen wir innerhalb des Empfindungsgebietes nichts. Auch Analogien mit Streckenverhältnissen sowie die wahrscheinliche Vermuthung, dass gewisse rein formale Verknüpfungsgesetze im Empfindungsacte realisirt sind, genügen für die strenge Entscheidung einer so wichtigen Frage nicht.

Eine letzte Möglichkeit, die Empfindung als Grösse zu behandeln, gründet sich auf den physiologischen Parallelprocess. Ebenso wie der Physiker die Stärke elektrischer Ströme an Winkelgrössen oder die Wärme einer Quecksilbersäule an thermometrischen Höhendifferenzen misst, ohne doch zu behaupten, dass der elektrische Strom eine Winkelgrösse oder die Wärmecapacität eine Höhendifferenz sei, ebenso, sage ich, vermag vielleicht der Psycholog an physischen Aussenvorgängen die psychischen Innen-

Digitized by Google

vorgänge zu messen, ohne dass er damit die unsinnige Behauptung ihrer Gleichheit aufstellt. In Rücksicht hierauf lässt sich nun die Empfindung als eine Hemmung, d. h. als eine Grösse auffassen. Bekanntlich stellt der Reflex die primitive Form der Wechselwirkung zwischen Organismus und Reiz dar und erfährt eine Hemmung, sobald das Bewusstsein zwischen den Angriff von aussen und die Reaction von innen tritt. Je grösser die in den Reflexmechanismus eingeschobene Summe psychischer Thätigkeit, desto später eine motorische Entladung. Für die ebenmerkliche Empfindung aber kann der Schwellenwerth als unendlich klein angenommen werden. Von diesen Voraussetzungen ausgehend hat Charles Henry eine mathematische Formel für die Empfindungen berechnet, die wenigstens mittelbaren Wert besitzt und die Thätigkeit eines Menschenschema's ausdrückt. In Worten lässt sie sich etwa so fassen: Die Grösse derjenigen Reflexhemmung, welche einer ebenmerklichen Empfindung entspricht, wird durch die Basis des Systems der natürlichen Logarithmen, die Grösse anderer Hemmungen durch Functionen der Zahl *e* und folglich auch die Intensität der Empfindungen durch Logarithmisirung der Reizstärken auszudrücken sein.

Man beachte wohl, dass Henry's Satz nur die Aussenseite des Seelenlebens, nicht dieses selbst berührt und das Grössenproblem der Empfindungslehre keineswegs im bejahenden Sinne löst. Von einer Praecisionspsychologie sind wir also noch weit entfernt. Es liegt kein triftiger Grund vor, die Empfindung eine Grösse (im Allgemeinen) und ihre Beschaffenheit eine extensive, ihre Stärke eine intensive Grösse zu nennen. Denn die Empfindungsstärke ist keine Quantität und die Qualität nichts Räumliches.

2. Nach der üblichen Anschauung[1] besitzt jede Empfindung die eben erwähnten beiden Seiten: Intensität und Qualität; ob der Gefühlston als Dritter in den Bund aufzunehmen ist, wird meist zweifelhaft gelassen. Und sicherlich bleiben jene beiden übrig, wenn man von einer beliebigen Wahrnehmung alles fortgenommen denkt, was fortgenommen werden kann, ohne sie selber zu vernichten. Hr. Preyer hat dieses rückläufige Verfahren mit Glück in seiner „reinen Empfindungslehre" durchgeführt, die nebenbei bemerkt an Schönheit der Wortbildung es der „reitenden Artilleriekaserne" gleichthut. Aber die Frage drängt sich auf: wie kann die Empfindung als etwas Einfachstes zwei gänzlich verschiedene Eigenschaften oder Momente umfassen?

Wenn Jemand, dessen Aufmerksamkeit abgelenkt ist, plötzlich ein kurzer

[1] Boas in Pflüger's *Arch.* XXVIII, 566; Exner in Hermann's *Hdb.* II, 2 S. 242 ff.; Stumpf, *Tonp.* I, 350; Löwy, *Die Vorstellung des Dinges auf Grund der Erfahrung.* S. 52 ff.

Digitized by Google

Reiz trifft, so kommt es vor, dass er zwar eine Empfindung erhält, jedoch eine qualitätslose: er vermag nicht zu sagen, ob es ein Stoss oder ein Dröhnen oder ein elektrischer Schlag war. Es tritt das ein, was Spencer mit Vorliebe den *nervous shock* nennt. Nicht selten auch verschwimmen die Qualitäten von Wahrnehmungen, indem beispielsweise Geruch und Geschmack beim Essen, die Erschütterung und das Geräusch bei der Perception langsamer Schwingungen ununterschieden bleiben. Diese Thatsachen, sowie die Erwägungen des vorangegangenen Abschnittes scheinen die Hypothese nahe zu legen, dass die Qualität auf die Wahrnehmungen zu beschränken und für die Empfindungen bloss eine veränderliche Intensität in Anspruch zu nehmen ist. Trotzdem bleibt die generelle Unterscheidung von Stärke und Beschaffenheit unangetastet. Es hat durchaus keinen Sinn, diese Verschiedenheit zu leugnen, so sicher es der Selbstbeobachtung auch ist, dass die Empfindung des Leisen nicht als Theil in der Empfindung des Lauten enthalten ist. Man gelangt sonst zu solchen Ansichten wie sie Hr. Loewy ausspricht: „ein intensiver Schmerz ist nicht stärker als ein milder, dem Inhalte nach; es ist auch kein Ton lauter als der andere." Die Blütenlese liesse sich leicht vermehren; ich stelle dem Herrn z. B. folgende Sätze zur Verfügung: es ist kein Mensch klüger als der andere; ein Kilo Gold ist nicht werthvoller als ein Gramm.

Ich wiederhole auch: wenn man von der Wahrnehmung eines fortissimo geblasenen *c* verlangt, sie müsse eigentlich ein Vielfaches des pianissimo gehauchten *c* darstellen, so verwechselt man Intensität und Quantität; nur von der letzteren kann man ein mathematisches Divisions- und Multiplicationsvermögen erwarten. Intensität und Qualität, Steigerung und Veränderung sind im Seelenleben von Grund aus verschieden: jene gebührt den Empfindungen und Empfindungscomplexen, diese den Empfindungscomplexen allein. Hierin liegt zugleich der wahre Grund dafür, dass die Wahrnehmungsclassen nach ihrer Qualität benannt werden.

Zwar nicht so allgemein anerkannt, wie die bisher erwähnten beiden Eigenschaften der Empfindung, aber doch sehr häufig herbeigezogen wird der Gefühlston der Empfindung. Man versteht darunter ihren angenehmen oder unangenehmen Beigeschmack. Ich kenne einen Maler, der halb im Scherze, halb in seinem guten Rechte auf die Frage: „Wie geht's?" mit „Sepia" oder „Danke, Ponceau" zu antworten pflegt. Für ihn ist Sepia so mit Unlust-, Ponceau so mit Lustgefühlen verkoppelt, dass er seine Stimmung am besten durch die von Gefühlstönen gesättigten Farben ausdrücken zu können glaubt. Wie wir gesehen haben und jetzt uns in's Gedächtniss zurückrufen wollen, ist die Betheiligung des Gefühls nicht als Unterscheidungsmittel zwischen Wahrnehmung und Empfindung zu verwerthen; wie wir sehen werden, auch nicht zwischen Sinn und Gemeingefühl.

Digitized by Google

An dieser Stelle erhebt sich vielmehr die Frage, ob die erwähnten sinnlichen Gefühle eine bleibende Eigenschaft der Empfindung bilden oder eine selbständige Bedeutung besitzen, und sie entspricht dem physiologischen Probleme: giebt es neben dem sensorischen Nervenprocesse noch einen anderen, für sinnliche Lust und Unlust bestimmten? Zur Lösung dieses Problemes fehlt bisher eine sichere Handhabe. Thatsachen aus dem Gebiete des Schmerzes: Analgesie ohne Anaesthesie, Verlangsamung der Schmerzauffassung bei Tabikern und ähnliche, schlagen hier nicht ein, erstens weil sie bequemer ohne eigenen Hülfsapparat zu erklären sind, sodann weil sie sich nicht mit denjenigen Unlustgefühlen decken, die an andere Wahrnehmungen als an solche des Hautsinnes anknüpfen. Das Peinliche eines grellen Tones darf nicht mit demselben Worte wie der Schmerz beim Verbrennen bezeichnet werden, wenn nicht der Verschiedenheit des psychischen Charakters Gewalt angethan werden soll. Daher sehen wir uns auf die psychologische Zergliederung angewiesen. Diese nun lehrt, dass es gefühlsfreie Empfindungen giebt; aber deren Existenz hindert klärlich nicht, theoretisch den Gefühlston als eine regelmässige Eigenschaft der Empfindung vorauszusetzen, denn auch Lust und Unlust treffen sich in einem Nullpunkte,[1] der in Wirklichkeit recht häufig eintreten mag. Trotzdem wird man sich fragen müssen, ob es nicht möglich ist, den Gefühlston auf Qualität und Intensität zurückzuführen. In der That ist es Stumpf[2] gelungen, für den Gehörsinn nachzuweisen, dass alle Praedicate der Tonfarbe und damit der sogenannten Klangfarbe im engeren Sinne des Wortes nicht neben der Höhe, Stärke, Grösse von Tönen bezw. Klängen stehen, sondern theils Höhe, theils Stärke, theils Grösse sind. Die Klangfarbe im weiteren Sinne hängt von einer Reihe kennzeichnender Merkmale der Instrumente ab, der Klangcharakter beruht auf associirten Vorstellungen und Gefühlen.

Ebenso verhält es sich nun, wie mir scheinen will, mit den Empfindungen des Hautsinnes. Wenn wir eine räumlich kleine, d. h. spitze, jedoch schmerzlose Berührung unangenehm nennen, so associiren wir unwillkürlich die Vorstellung hinzu, dass die Berührung bei etwas grösserer Stärke Schmerz hervorrufen würde. Wenn ferner die Wahrnehmung des Rauhen Unlust, die des Glatten Lust zu wecken im Stande ist, so liegt das nicht an den einzelnen Empfindungen, die in beiden Fällen gleich sein können, sondern an der grösseren oder geringeren Schnelligkeit, mit der sie aufeinander folgen, mit anderen Worten, an einer allgemeinen Auffassungseigenthüm-

[1] Wundt, *Phys. Psych.*[3] I, 290. Vgl S. 508 ff.

[2] Stumpf, *Tonps.* II, 527 ff. im Widerspruche zu der I, 134 gegebenen Definition, die übrigens im Inhaltsverzeichniss fehlt.

Digitized by Google

lichkeit der Seele. Und so weit wir auch ausblicken mögen, nirgends werden wir finden, dass den Empfindungen der Haut, Gelenke, Muskeln u. s. w. als solchen noch neben ihrer Intensität und Qualität nothwendiger- und regelmässigerweise eine Gefühlsbetonung zukomme. Es hat daher seinen Grund, dass wir uns die Wahrnehmungen dieser Art zwar nicht ohne eine gewisse Stärke und Beschaffenheit denken können, wohl aber ohne das, was man ihren Klangcharakter nennt. Im Uebrigen bleiben natürlich die bekannten Erfahrungen über die Abhängigkeit des sinnlichen Gefühls von der Intensität und Qualität der Wahrnehmung sowie vom Gesammtzustande des Bewusstseins zu Recht bestehen.

3. Wir werden späterhin ziemlich oft von „Schwellen" reden; eine vorläufige Festsetzung der einschlägigen Bezeichnungen dürfte sich daher empfehlen.

Wir bezeichnen als das Gesetz der Merklichkeitsschwelle die Thatsache, dass Empfindungscomplexe eine gewisse Stärke erreichen oder durch die Aufmerksamkeit gesteigert werden müssen, um als bewusste Wahrnehmungen aufzutreten. Für die psychologische Theorie der Genesis der Sinnesvorstellung enthält freilich die Merklichkeitsschwelle eine Empfindungs- und eine Wahrnehmungsschwelle; aber nur von der letzteren wird künftig die Rede sein. Wir dehnen alsdann den Begriff der Schwelle auf die ebenmerklichen Differenzen innerhalb des Wahrnehmungsgebietes unter dem Namen der Unterschiedsschwelle aus. Und zwar zerlegen wir die Unterschiedsschwelle in drei Anwendungen. Die Schwelle, die der Empfindungsunterschied überschreiten muss, um merklich zu werden, heisse Grössenschwelle; diejenige, welche die räumliche Distanz zwischen zwei Reizen überschreiten muss, um die gesonderte Wahrnehmung ihrer Zweiheit zu ermöglichen, heisse Raumschwelle. Um schliesslich zwei der gleichen Classe angehörige und an demselben Punkt localisirte Reize eben schon als zwei zu percipiren, muss eine gewisse Zeit zwischen ihrem Auftreten verfliessen, und dieses Minimalintervall nennen wir die Zeitschwelle. Wenn also z. B. festgestellt wird, dass bereits eine Zu- oder Abnahme von 0·01 Theil der Lichtstärke in einem bestimmten Falle wahrzunehmen ist, so betrifft diese Feststellung die Grössenschwelle; zeigt es sich in einem anderen Falle, dass der räumliche Abstand eines halben Millimeters genügt, um zwei leuchtende Punkte auseinander zu halten, so bezeichnet diese Distanz die Raumschwelle; hat man ermittelt, wieviel tausendstel Secunden zwischen zwei Lichtblitzen vergehen müssen, damit beide isolirt erscheinen, so hat man die Zeitschwelle bestimmt.

Endlich bleibt die Reflexschwelle zu erwähnen, unter der die Grenze zwischen den von Reflexbewegungen begleiteten Wahrnehmungen und den von solchen nicht begleiteten zu verstehen ist. Eine Muskelthätigkeit tritt

Digitized by Google

zwar immer im Gefolge der Sinneseindrücke auf, aber sie erreicht nur selten die Höhe von Reflexen; die Reflexschwelle als solche ist abhängig von Art und Stärke des Sinnesreizes und von der Natur des Individuums, die normal, hyperkinetisch (von gesteigerter Reflexerregbarkeit) oder hypokinetisch (von herabgesetzter Reflexerregbarkeit) sein kann.

In Verbindung mit dem Begriffe der Schwelle steht die Differenztheorie der Empfindungen.[1] Zur Aufstellung dieser Theorie haben vornehmlich folgende Thatsachen Anlass gegeben. Die Organgefühle werden nur in anormalen Zuständen, d. h. in Folge ihrer Abänderungen wirklich wahrgenommen; Druck stellt eine Abweichung vom stätigen Luftdrucke dar, Temperaturwahrnehmung eine solche von der Eigenwärme des Körpers; da Geschmacks- und Geruchsnerven fortwährenden inneren Erregungen ausgesetzt sind, so heben sich die eigentlichen Empfindungen von ihnen wie von einem unterschwelligen Hintergrunde ab; die Perceptionen der höheren Sinne stehen im Gegensatz zu dem Augenschwarz einerseits, dem subjectiven Ohrengeräusche anderseits. Nicht genug hiermit! Man hat darauf aufmerksam gemacht, dass ein Reiz unmerkbar bleiben kann, selbst nachdem er einen Grad der Stärke erreicht hat, in welchem er sonst Empfindung hervorrufen würde, dass sehr schwache Reize von vorhergehenden oder gleichzeitigen stärkeren völlig verschluckt werden, ja dass der successive Contrast die Relativität auch für die Qualitäten der Wahrnehmungen erweise. Was hat man nun aus allem dem gefolgert? „Damit ein Reiz empfunden werde .... muss er auf eine schon vorhandene Erregung treffen die zwar für sich nicht empfunden wird, aber die Bedingung der Empfindung jenes Reizes ist". (Riehl S. 41.) Zweitens. „Eine Empfindung, die zu keiner anderen Empfindung in Beziehung stünde, kennen wir nicht". (Höffding S. 141.) Dass die letzte Behauptung, die wir die Relativitätslehre nennen wollen, unhaltbar ist, hat Stumpf klar und bündig erwiesen: „Keine Empfindung ist an sich etwas Relatives, wiewohl sich Relationen auf alle gründen"; gegen die erste hingegen, die Differenztheorie, dürfte sich schwerlich etwas Entscheidendes einwenden lassen, und wir werden sie im Gebiete des Hautsinnes aller Orten bestätigt finden.

4. Die Empfindungen des Hautsinnes werden auch durch eine Betrachtung über den Vorgang beim Empfinden überhaupt in eine neue Beleuchtung gerückt. Im engsten Zusammenhange mit der Differenztheorie steht zunächst das physiologische Gesetz, dass ein, Nervenprocess nie durch

[1] v. Helmholtz, *Phys. Opt.*[1] S. 161; Aubert, *Grundzüge der phys. Optik.*[1] S. 485; Henle, *Anthrop. Vorträge.* II, 18; Preyer, *Physiol. Abhdlgen.* I, 61; Riehl, *Phil. Krit.* II, 1 S. 40; Hoeffding, *Psychol.* S. 133, 138, 141; Stumpf, *Tonps.* I, 1 ff. bes. S. 10–21.

Digitized by Google

einen Zustand des Gleichgewichtes, sondern nur durch Veränderungen im Nerven ausgelöst wird. Dieser Process durchläuft nun die Stationen des reizauffangenden Sinnesapparates, des Leitungsnerven und des Centralorganes, sodann in rückläufiger Richtung das Centralorgan, einen motorischen Nerven und den mit Spannungen oder Bewegungen reagirenden Muskelapparat. Für die ersten drei Glieder der Kette ist vor Allem zu beachten, dass einem constanten Reize nicht eine constante Empfindung zu entsprechen braucht. Es sei die von einem Reize in der Zeiteinheit gelieferte Arbeit A', die im Sinnesapparate vollzogene Arbeit a', die in der Rindenzelle ausgelöste Empfindungsarbeit α'. Mit A' bezeichnen wir also etwa den physikalischen Druck in der Zeiteinheit, mit a' die Grösse der Veränderung in den peripherischen Endigungen eines sensiblen Nerven, die in Folge des Widerstandes der Hautschichten kleiner als A' sein muss, und mit α' die Intensität der Druckempfindung in der Zeiteinheit, die in Folge des Energieverlustes auf dem Wege als $< a'$ vorausgesetzt werden müsste. Die Gleichung $A' > a' > \alpha'$ entspricht aber für die Zeiteinheit den Thatsachen nicht, wie die Nachbilder und die Veränderungen durch Aufmerksamkeit und Uebung erweisen.

Aus diesem Grunde und weil in der landläufigen Anschauung die letzten Glieder des geschilderten Kreislaufes ungebührlich bei Seite geschoben werden, scheint die psychophysische Beschreibung des Wahrnehmungsvorganges einer Erweiterung zu bedürfen. Wahrnehmungen sind nicht isolirte Processe, die ein einziges Organ, einen einzigen Nerven, eine einzige Rindensphäre betreffen; was auf diesem Wege vor sich geht, hat bloss den Vorzug, dass es am ehesten in's Auge fällt, dass es sich wie der Gesang über die Orchesterbegleitung erhebt. Jeder physiologische Reiz erschüttert vielmehr den ganzen Organismus und hat eine Vertheidigungsmaassregel[1] desselben zur Folge: ein Nebenerfolg dieser Vertheidigung ist die Empfindung, die durch erworbene Fähigkeiten genauer localisirt wird. Es braucht wohl kaum hinzugefügt zu werden, dass auch Erinnerungsbilder, wenn sie die Stärke von Hallucinationen erreichen, von Veränderungen in der Blutcirculation Athem- und Muskelthätigkeit begleitet sind; so habe ich einen Kranken beobachtet, der bei seinen Gehörshallucinationen deutliche Muskelspannungen am Masseter und Sternocleidomastoïdeus zeigte. In diesen Beziehungen macht die Modalität der Wahrnehmung keinen Unterschied, so dass aus der gleichmässigen Kraftentwickelung nach Reizung ein Hinweis auf die, leider noch wenig geförderte Mechanik der Lebensvorgänge sich ergiebt.

---

[1] Payot in *Rev. phil.* XXIX, 491 ff.; Féré, *Sensation et mouvement.* p. 32 ff.; Féré in *Rev. de méd.* 1890. p. 758; Münsterberg, *Die Willenshandlung u. Beitr. zur exp. Psych. passim. Aufg. u. Meth. der Psych.* S. 225.

Digitized by Google

Selbst das einfache Erinnerungsbild kann eine Intensität erreichen, die zu einer bemerkbaren Bewegung führt, insbesondere fällt die Vorstellung einer Bewegung immer mit dem Beginne der Bewegung selber zusammen. Der Beweis hierfür liegt nicht nur in der Theorie der sog. Innervationsempfindungen, sondern auch in Thatsachen der experimentellen Pathopsychologie. Wenn man einer in tiefer Hypnose befindlichen, d. h. seiner Hemmungsvorstellungen beraubten Versuchsperson die Suggestion giebt, an eine beliebige Bewegung zu denken, so führt sie sie regelmässig aus. Gleichzeitig mit der Muskelcontraction lässt sich dann eine leichte Hyperaemie, Volumenvergrösserung und Sensibilitätserhöhung des betreffenden Gliedes feststellen.

Das einfachste und auf alle Wahrnehmungsmodalitäten anwendbare Mittel der Messung der motorischen Veränderungen in der Peripherie ist das Duchenne-Regnier'sche Dynamometer und der von Verdin gebaute Dynamograph.[1] Mit diesen Instrumenten haben vornehmlich französische Forscher, nämlich die HH. Manouvrier, Delboeuf, Delaunay, Féré und Henry ihre in den Grundzügen auch in Deutschland bekannten Untersuchungen ausgeführt. Von den Ergebnissen dieser sowie meiner eigenen dynamometrischen Untersuchungen, die an anderer Stelle veröffentlicht werden sollen, kann ich hier schweigen. Da aber im Verlauf der vorliegenden Abhandlung einmal ein dynamometrisches Resultat mitgetheilt werden wird — freilich um längere Auseinandersetzungen zu vermeiden nicht in graphischer Form — so seien ein paar Worte über Verfahrungs- und Berechnungsweise der Dynamometrie verstattet. Es handele sich etwa um das einfachste Problem: welche Abschwächung oder Verstärkung die Kraft der Beugemuskeln der rechten Hand nach einer bestimmten Anzahl von Meistanstrengungen erfahre. Hierbei kann man nun entweder die durch den ersten Ruck erzielte oder die durch den letzten noch aufzubringenden Ruck gewonnene Kilogramm-Zahl in Rechnung stellen; ich habe stets das erste gethan. Beschränkt man sich auf zwei durch eine bestimmte und in allen Experimenten gleichbleibende Zwischenzeit getrennte Druckleistungen, so wird der Unterschied ein sehr geringer sein, für den Zeitraum zweier Secunden etwa 0·5 kgr. Der erste Druck also liefert z. B. 30 kgr, der nach zwei Secunden erfolgende zweite einfache Maximaldruck den Werth von 29·5 kgr. Erfolgt aber in den zwei Secunden eine beliebige Reizung eines beliebigen Sinnes, so verändert sich der zweite Werth und erhöht sich sagen wir auf 30·5, so dass wir beim Wechsel der Reize und

[1] Die von Aubry construirten und von Henry benutzten „*haltères dynamogènes*" sind etwas umständlicher.

Digitized by Google

einem irgendwie proportionalen Wechsel der Dynamometerzahlen in der Grösse der zweiten, variablen Zahl ein Maass der Reizwirkung besitzen.

Allgemein gesprochen verhält sich demnach die Sache so. Es bezeichne T_0 die Abwesenheit eines jeden Reizes (cum grano salis!), E_0 die erste, E'_0 die zweite Dynamometerzahl; alsdann misst der Bruch $\frac{E_0 - E'_0}{E_0} = f_0$ in dem Falle, dass f_0 einen positiven Werth erhält, die Abschwächung, im anderen Falle die Verstärkung der motorischen Kraft. Es bezeichne ferner T_1 die eben über der Merklichkeitsschwelle stehende Reizgrösse des zu untersuchenden Sinnesgebietes, T_2 die doppelt so grosse Reizstärke und es seien die entsprechenden Brüche aufgestellt:

$$\frac{E_1 - E'_1}{E_1} = \pm f_1; \quad \frac{E_2 - E'_2}{E_2} = \pm f_2,$$

wobei $E_2 = E_1 = E_0$ sein mag. Macht man endlich die naheliegenden Annahmen:

$$\frac{T_0}{T_1} = \frac{T_1}{T_2} = N; \quad \frac{\pm f_0}{\pm f_1} = \frac{\pm f_1}{\pm f_2} = N,$$

so erhält man folgende acht Möglichkeiten:

$$\frac{+f_0}{+f_1} \gtrless N, \quad \frac{-f_0}{-f_1} \lessgtr N; \quad \frac{+f_1}{+f_2} \gtrless N, \quad \frac{-f_1}{-f_2} \lessgtr N.$$

Je nach dem Eintritt der einen oder der anderen wird das Ergebniss lehrreich sein.

Eine weniger umständliche, dafür aber auch ungenauere Methode besteht darin, dass der Durchschnittswerth für E_0 durch Ausgleichungsrechnung ermittelt und mit den Zahlen verglichen wird, welche die Druckleistung im Augenblicke einer Sinnesreizung ergiebt. Wir brauchen hier aber nicht näher auf die Details der Dynamometrie einzugehen, da es uns genügt, ihre grundsätzliche Bedeutung für die Empfindungslehre dargethan zu haben.

C. Mit- und Nach-Empfindungen.

1. In der Psychophysiologie der Hautempfindungen spielen die Mitempfindungen[1] eine wichtige Rolle. Ohne der Arbeit über die Gemeingefühle vorgreifen zu wollen, müssen wir doch schon an dieser Stelle die

---

[1] Bleuler u. Lehmann, *Zwangsmässige Lichtempfindungen durch Schall und verwandte Erscheinungen*, bes. S. 42 ff.; Kowalky nach *Jahresber. für Physiologie.* 1884. S. 26; Quincke in *Zeitschr. für klin. Med.* XVII, 430 ff.; Kosegarten, *Ueber eine künstliche Gehörverbesserung nach Trommelfellperforationen.* S. 15 ff.; Richet, *Recherches sur la sensibil.* S. 299 ff.; Wagner, *Neurolog. Untersuchungen.* S. 181; Eckhardt in Hermann's *Hdb.* II, 2. S. 24; Urbantschitsch in Pflüger's *Arch.* XXX, 129.

Digitized by Google

Grundlinien einer geordneten Auffassung des Gegenstandes zu zeichnen versuchen, wobei wir uns in vielen Punkten an Quincke's Darlegungen anschliessen werden.

Die am einfachsten organisirte Gruppe unter den Mitempfindungen bezeichnen wir als gleichartige Mitempfindungen oder Zusatzempfindungen. Sie bestehen darin, dass eine der Reizempfindung gleichartige Empfindung an nicht vom Reize getroffenen Stellen auftritt. Beim Zahnschmerz z. B. thut oft nicht bloss der cariöse Zahn, sondern die ganze Kieferpartie weh, bei umschriebener Hautverbrennung breitet sich der Schmerz meist auf die Nachbargebiete aus, Kitzel im Nacken pflegt weit über den Bereich der wirklich gereizten Stelle hinaus empfunden zu werden. Kowalky fühlte beim Haarziepen blitzartige, örtlich scharf begrenzte Schmerzen auf der Rückseite des Körpers in der Gegend des Schulterblattes und des Oberarmes. Neuralgien des dreigetheilten Nerven können durch Uebertragung auf andere Nervenstämme selbst in den Beinen Schmerzen hervorrufen. — Wenn nun die zweite Empfindung der Reizempfindung nicht nur gleichartig, sondern völlig gleich ist an Stärke, Localisation und räumlicher Ausdehnung, so sprechen wir von Doppelempfindung. Solche Doppelempfindungen kommen nach meiner Erfahrung gelegentlich bei Versuchen mit dem Weber'schen Tasterzirkel vor und sind jedenfalls in pathologischen Fällen nicht selten.

Der Ablauf des physiologischen Processes ist durchsichtig. Die Reizempfindung bildet sich auf der Bahn Peripherie, Leitung, Centrum, die wir durch p, l, c andeuten wollen, dann springt die Erregung seitlich über auf $l_2 c_2$ und erzeugt in c_2 die Zusatzempfindung, die entsprechend dem Gesetze der excentrischen Projection nach p_2 verlegt wird. Wo indessen die Uebertragung stattfindet, lässt sich nicht sagen. Die herrschende Ansicht, dass sie bei Ausstrahlung nach nahe benachbarten Nervengebieten in ziemlich peripher gelegenen gangliösen Apparaten vor sich gehe, z. B. in einem Hinterhorne eines Rückenmarksegmentes, kann weder den hierbei vorausgesetzten Zusammenhang zwischen der Entfernung der beiden Empfindungsstellen und der mehr peripherischen oder mehr centralen Lage der Uebertragungspartie beweisen noch überhaupt das Auftreten der an die Rinde geknüpften Empfindung in einfacher Weise erklären. Trotz dieser Unsicherheit jedoch können wir an dem Schema als solchem festhalten und mit seiner Hülfe uns einige Einzelfälle verständlich machen, die theils noch der gleichartigen Mitempfindung angehören, theils schon zur ungleichartigen überleiten.

Die auf der primären Bahn entstandene Empfindung in c kann sehr schwach oder gleich Null sein, so dass hauptsächlich oder ausschliesslich die Zusatzempfindung zum Bewusstsein kommt. Diese diagnostisch sehr

Digitized by Google

unbequeme Empfindung wollen wir im prägnanten Sinne des Wortes übertragene Empfindung nennen; sie findet sich beispielsweise dann, wenn ein Leberkranker über Schulterschmerzen, ein Herzkranker über Armneuralgie klagt. — Die Erregung auf der zweiten Bahn kann ferner dort auf eine unabhängig von ihr von der Peripherie her verlaufende Erregung treffen. Alsdann sind zwei Fälle möglich: entweder verstärkt sie die letztere (Verstärkungsempfindung z. B. bei der Hörverbesserung durch Geräusche, Paracusis Willisii), oder sie schwächt die letztere (Schwächungsempfindung z. B. bei Herabsetzung der Empfindlichkeit des äusseren Ohres durch Mittelohrerkrankungen). Diese beiden Unterarten finden sich auch für die ungleichartige Mitempfindung: so kennen wir eine Verstärkung von Gesichts-, Gehörs- und Geruchsempfindungen nach Trigeminusreizung und eine Abschwächung von Schmerzen durch Druckwahrnehmungen, wie sie bei unwillkürlichem Reiben oder planmässiger Massage erzielt wird.

Von ungleichartigen Mitempfindungen sprechen wir, wenn die Mitempfindung einer anderen Art als die Reizempfindung angehört. Ich erinnere an das wohl Jedem bekannte Kribbeln in der Nase beim Blicken in die Sonne, das Kälteschaudern beim Quietschen eines Schieferstiftes und an das Schauergefühl, das einige Zeit nach einer kitzelnden Berührung entsteht, sich ausbreitet und in zuckenden Bewegungen der Rumpf- und Kopf-Musculatur entladet. Das Summen im Ohr bei heftigen Schmerzen hat ja zu der Redensart Anlass gegeben: „es thut so weh, dass man die Engel im Himmel pfeifen hört". Seltener scheinen die von Manchen bis in's Einzelste beschriebenen Lichtempfindungen durch Schmerzen und die ausgedehnten Druckgefühle nach Berührungen im Ohre zu sein.

2. Von den eigentlichen Mitempfindungen unterscheiden wir drei häufig mit ihnen zusammengeworfene Erscheinungsgruppen: die Begleitempfindungen, die secundären Erinnerungsbilder und die Empfindungsreflexe Unter Begleitempfindungen verstehen wir die mit einer dominirenden Wahrnehmung verschmolzenen Empfindungen aus anderen Sinnesgebieten, meistens aus dem Gebiete des Muskelsinnes. So haben Viele beim Hören von Tönen begleitende Muskelempfindungen im Kehlkopfe. Dass diese nicht auch Mitempfindungen genannt werden dürfen, erhellt aus der völlig abweichenden physiologischen Entstehung. — Bei den secundären Erinnerungsbildern handelt es sich namentlich um Lichtvorstellungen durch Schalleindrücke, um die Schallphotismen Bleuler-Lehmann's oder die Audition colorée Gruber's. Es ist nämlich sehr unwahrscheinlich, dass solche Photismen wirkliche Empfindungen darstellen, sondern eher anzunehmen, dass sie lebhafte Erinnerungsbilder sind, die sich zwangsmässig an die Reizwahrnehmung associiren und als abgeblasster Rest aus dem

Digitized by Google

ungeregelten Vorstellungsleben des Kindes bei manchen Erwachsenen übrig geblieben sind. Daher müssen sie als besondere Klasse aufgeführt werden.

Ganz anders endlich gestaltet sich der Zusammenhang, sobald die Erregung der sensiblen Bahn zugleich auch auf eine centrifugal verlaufende übertragen und neben den Reflexsecretionen und Gefässreflexen die wichtige Reflexbewegung sammt dem Empfindungsreflex erzeugt wird. Damit Einschlag und Faden aus dem sehr feinen Gewebe der Thatsachen sich genugsam heraushebe, muss die Darstellung hier etwas weiter ausholen.

Wir theilen die Gesammtheit der hergehörigen Vorgänge danach ein, ob die centripetale Erregung empfunden wird oder nicht. Innerhalb der ersten Gruppe, in der also der den Reflex auslösende Reiz nicht zum Bewusstsein gelangt, kann nun zunächst auch der Reflex unbemerkt bleiben. Solche echten (physischen) Reflexe unterster Stufe hat der normale Mensch z. B. im Darmtracte, das der Sehsphaere beraubte Thier bei den Irisbewegungen nach Lichteinfall (Munk's Retina- oder Opticus-Reflex). Es kann aber ferner die Reflexbewegung bemerkt werden, wie etwa beim Lidschlag und Leerschlucken, und sie vermag endlich eine neue Erregung sensibler Fasern und dadurch das, was Quincke eine „kinogene" Empfindung nennt, zu erwirken. Hierher gehören die Kolikschmerzen, Blasentenesmen, juckenden Menstrualexantheme u. dgl. mehr. Wir kommen nunmehr zur zweiten Gruppe, welche sich durch das Bewusstwerden der Reizung auszeichnet und wiederum in die entsprechenden drei Unterabtheilungen zerfällt. Für den Fall, wo der Reflex unbemerkt bleibt, genüge als Beispiel die Pupillarreaction und die summarische Anführung der zahllosen dynamometrisch einzufangenden Bewegungen nach Sinnesreizung. Der zweite Fall — mit wahrgenommenem Reflexe — ist der echte Reflex oberer Stufe, den ich in Anlehnung an Ch. Richet den „psychischen Reflex" zu nennen vorschlagen möchte und der durch die Möglichkeit des Gehemmtwerdens charakterisirt wird. Beispiel: Munk's Sehreflex. Verbindet sich mit einem derartigen Reflexe eine kinogene Empfindung, wie der pleuritische Schmerz beim Husten, so erhalten wir die dritte und letzte Unterabtheilung.

Die beiden erwähnten Arten kinogener Empfindungen erwecken leicht den Eindruck wahrer Mitempfindungen und sind selbst theoretisch manchmal von ihnen nicht zu trennen. Ob beispielsweise bei dem Rieselgefühl nach schrillen Geräuschen es sich um eine directe oder um eine indirecte, durch Contraction der Arrectores pilorum und Aenderungen im Tonus der Hautgefässe entstandene Mitempfindungen handelt, lässt sich kaum entscheiden. Gelegentlich, zumal bei Gleichzeitigkeit des Rieselns mit dem Geräusche, werden wir es mit jener, ein andermal mit dieser oder wohl

Digitized by Google

selbst mit einem Gemisch beider zu thun haben. Trotzdem dürfen wir an der gegebenen Unterscheidung als an einer grundsätzlichen festhalten und die Darstellung der Details uns für die Abhandlung über die sogenannten Gemeingefühle versparen.

3. Für das Verständniss der beim Hautsinne in hohem Maasse bedeutungsvollen Nachempfindungen ist es wichtig, festzuhalten, dass sie Empfindungen mit allen Eigenschaften dieser Vorstellungsklasse und daher von jeder Art Gedächtnissbilder, selbst von den sogenannten primären zu trennen sind. Ingleichen sind sie unterschieden von den Wiederholungsempfindungen, die sich nicht unmittelbar an einen Reiz anschliessen und erst nach sehr langer Einwirkung des Reizes auftreten.

Die Eintheilung der Nachempfindungen, die wir verwerthen werden ist eine zwiefache: sie bezieht sich einmal auf zeitliche, zum andern auf so zu sagen sachliche Verhältnisse. Wenn die Nachempfindung unmittelbar, ohne die geringste Zwischenzeit der Reizempfindung folgt, wollen wir sie continuirlich nennen; ist sie durch eine, wenn auch kurze, empfindungsleere Pause von der Reizempfindung getrennt, so heisse sie intermittirend. — Die zweite Unterscheidung deckt sich in ihrem Wesen mit der üblichen zwischen positiven und negativen Nachempfindungen. Aber gegen diese Bezeichnungen müssen wir Einspruch erheben. Wenn man zwei sonst gleiche Grössen A und B in ihrem Verhältniss zu einander kennzeichnen will und A positiv, B negativ nennt, so sagt man damit, dass B zu A hinzugefügt Null ergiebt. Aus der Lehre von den algebraischen Zahlen und von den zwei Richtungen auf der geraden Linie ist diese Ausdrucksweise Jedermann geläufig. Nun spricht man z. B. von einem negativen Schallnachbilde. Das müsste demnach bedeuten, dass die Nachempfindung, zur Reizempfindung hinzugefügt, diese verringert bezw. aufhebt, was nicht der Fall ist. Auch zwischen den Empfindungen Schwarz und Weiss besteht nicht dasselbe Verhältniss wie zwischen Positiv und Negativ, denn summirt ergeben sie nicht die Abwesenheit jeglicher Farbenempfindung, sondern Grau. Die negative Nachempfindung im Gebiete des Sehens unterscheidet sich vielmehr von der positiven dadurch, dass diese der Reizempfindung gleichartig, jene ihr ungleichartig ist. Ich erlaube mir daher, an Stelle der gebräuchlichen falschen Ausdrücke die Bezeichnungen: homonome und heteronome Nachempfindung vorzuschlagen.

Damit soll nicht das Dasein wirklich positiver und negativer Nachempfindungen geleugnet werden. Nein, sie existiren und bilden eine Unterabtheilung der homonomen und heteronomen. Die beim Drehschwindel unter gewissen Voraussetzungen auftretenden Bewegungsnachempfindungen

Digitized by Google

besitzen die Eigenthümlichkeit, dass sie eine der ursprünglichen Richtung genau entgegengesetzte Richtung darstellen und zu deren primären Empfindungen hinzugefügt (wenigstens theoretisch) Null ergeben. Hier kann man also den meist missbrauchten Terminus mit Fug und Recht anwenden.

II. Das Gesetz der specifischen Energien.

A. Die physiologischen Reize.

1. Dass jede Empfindung von einer Reizung abhängt, unterliegt keinem Zweifel. Einige allgemeine Bemerkungen über dieses Abhängigkeitsverhältniss sind auch bereits in die vorangegangenen Erörterungen mit eingeflossen, eine genauere Untersuchung jedoch kann erst jetzt Platz greifen.

Die Eintheilung der physiologischen Reize darf nicht nach dem unbrauchbaren Gesichtspunkte „Aussen" und „Innen" vorgenommen werden, denn der hier gewählte Eintheilungsgrund stammt aus einem accidentellen, nicht aus einem wesentlichen Merkmale. Desgleichen ist die Eintheilung in homogene (adaequate) und heterogene (inadaequate) Reize keine sehr glückliche, weil diesen Ausdrücken die Vorstellung unterliegt, als ob es isolirte physikalische Vorgänge gebe, die irgend einem Sinne als heterogen verschlossen bleiben. Solche vereinzelte Vorgänge existiren nicht in der Aussenwelt. Nach dem Gesetze der allgemeinen Beziehung und Umsetzungsfähigkeit der Formen von Kraft lassen sich alle äusseren Processe als aus der Summe mehrerer Reizklassen bestehend denken; der einzige wahrhaft inadaequate Reiz findet sich in der Innenwelt als Willensimpuls. — Wir bevorzugen daher eine dritte Eintheilung, welche sich auf das Verhältniss des Reizes theils zum Sinnesorgan, theils zum Nervenverlaufe stützt. Wir unterscheiden zwischen unmittelbaren (Nerven-) Reizen und mittelbaren (Sinnes-) Reizen und solchen, die sowohl unmittelbar wie mittelbar wirken (doppelsinnigen Reizen). Der einzige schlechthin unmittelbare Reiz ist der Inductionsstrom, weil er, direct auf den sensiblen Nerven applicirt, ihn erregt und zur negativen Schwankung bringt. Mittelbare Reize sind solche physikalische Bewegungsvorgänge, die ausschliesslich mittels einer Umsetzung durch etwelche dem betreffenden Agens angepasste Hülfseinrichtungen am peripherischen Nervenende wirken: die Licht- und Schallwellen. Als doppelsinnig mögen die mechanischen, thermischen und chemischen Reize bezeichnet werden, weil sie in ihren höheren Graden den Nerven unmittelbar, in niederen Stärkegraden ihn mittelbar erregen.[1] —

[1] Die von Fick (*Lehrbuch der Anat. u. Phys. der Sinnesorgane.* S. 6) vorgeschlagenen 25, richtiger 36 Versuchsreihen fallen somit fort.

Digitized by Google

Man beachte, dass in dieser Eintheilung nirgends von Empfindungen die Rede ist.

Eine zweite Classification gewinnen wir unter Berücksichtigung der physikalischen Art der Reize, welche durch die, ihrerseits wiederum von der Zusammensetzung des Mediums abhängige Form der Bewegungswellen bestimmt wird. So scheiden sich: a) Stossbewegungen (Gehörs-, Berührungs- und Temperaturwahrnehmungen [1]), b) Chemische Bewegungen (Geschmack und der durch Emanation bedingte Geruch), c) Aetherbewegungen (Licht). — Eine dritte Classification beruht auf dem Verhältnisse der Reizgruppen zu zwei Grundeigenschaften der Seele, zur räumlichen Anordnung und Empfindung von Stärkegraden. a) Räumlich angeordnet werden Licht- und Tastreize einerseits, Gehörsreize anderseits. b) Intensiver werden für das Bewusstsein durch Ausdehnung über eine grössere Reizfläche oder durch längere Andauer die Geruchs-, Geschmacks- und Wärmereize.

Eine vierte Möglichkeit der Eintheilung mag als die mathematische bezeichnet werden. Sie könnte an sich die allerbeste sein, denn wo die mathematische Legitimation vorhanden, da herrschen Bestimmtheit und Klarheit. Unglücklicherweise sind wir so lange ausser Stande, sie in der Psychophysiologie mit Nutzen zu verwerthen, als wir gehindert sind, die Empfindung als eine Grösse zu bezeichnen. Könnten wir dies mit gutem Gewissen thun, so würde sich die eine oder andere der folgenden Bestimmungen als umfassender Ausdruck der Beziehungen zwischen den Reizen und den Empfindungen vermuthlich aufstellen lassen. Die Vergleichung zweier Grössen nur in Rücksicht auf ihre Menge erfolgt bekanntlich durch die absoluten Zahlen, in Rücksicht auf ihre Richtung, insofern sie entgegengesetzte Qualitäten repraesentirt, durch die algebraischen, insofern sie überhaupt verschiedene Qualitäten derselben Ebene ausdrückt, durch die complexen Zahlen. Unter der nicht zutreffenden Voraussetzung der wesenhaften Gleichartigkeit von physischen und psychischen Vorgängen könnte man beispielsweise demnach die physikalische Temperatur als absolute Zahl und die Temperaturempfindung als algebraische Zahl darstellen, denn der materielle Wärmeprocess zeigt bloss quantitative Unterschiede, während die Wahrnehmungen sich nach den beiden Richtungen des Kalten und Warmen ausdehnen, so dass etwa dem physikalischen W′ entspräche das psychische W′. (— 1) d. h. starke Kälte. Oder man dürfte die Farbenwahrnehmungen,

[1] Auch die leiseste Berührung und der gleichmässigste Druck erhalten durch die Pulsationen des Blutes gegen die Hautoberfläche den Charakter der Stossbewegung, s. Ziehen, *Leitf.* S. 24 u. 42. — Die strahlende Wärme, zu den Aetherbewegungen gehörig, muss erst durch Hautthätigkeit in geleitete Wärme umgesetzt werden, um einen Reiz zu bilden; die geleitete Wärme aber ist Stossbewegung.

Digitized by Google

die ebenso in einander übergehen wie gerade Linien durch stetige Drehung, ihrem Verhältnisse nach durch den Quotienten m ($\cos\varphi + i \sin\varphi$) bestimmen. Alsdann wären die Verschiedenheiten der Sinnesmodalitäten durch Quaternionenrechnung in Zahlen niederzuschlagen.

Unabhängig jedoch von solchen mehrweniger phantastischen Beziehungen zwischen Aussen- und Innenwelt existirt eine Eintheilung der als Reize wirksamen physikalischen Vorgänge auf Grund mathematischer Gedankengänge. Es heisse eine Gerade, die als eine bestimmte Strecke und eine bestimmte Richtung aufgefasst werde, ein Vector[1] und es bedeute die Gleichung $\alpha = x\,\beta$, dass die beiden Vectoren α und β entweder Theile einer Geraden oder parallel sein müssen. Es werde ferner die Zahl x, die durch Vergleichung der Vectoren α und β auf einer geradlinigen Scala gewonnen werden kann, ein Scalar genannt. Da nun jede solche Scalargrösse durch einen einzigen numerischen Werth definirt werden kann, der Vector dagegen als von der Richtung der Coordinatenaxen im Raume abhängig zu seiner Bestimmung dreier Zahlenwerthe bedarf, so lassen sich als Scalaren auffassen: der hydrostatische Druck in einem Punkte der Flüssigkeit, die physikalische Wärme und dergleichen mehr, als Vectoren: die Bewegung, der elektrische Strom und dergleichen mehr.[2]

Der grosse Vorzug dieser Unterscheidungen vor den üblichen physikalischen liegt darin, dass sie auf durchweg gültigen formalen Merkzeichen ruhen. Da jedoch in den Kreisen der Physiologen und Psychologen die für solche Eintheilungen nothwendigen Kenntnisse der Hamilton'schen Lehren wenig geläufig, ja selbst unter den Physikern nicht allgemein verbreitet zu sein scheinen, so werden wir diese Classification einstweilen hintansetzen und zu jener einfacheren zurückkehren, nach der die Reize sich in unmittelbare, mittelbare und doppelsinnige scheiden. Zwar fehlt ihr die so sehr zu wünschende mathematische Bestimmtheit, aber sie genügt doch von den mir denkbaren Eintheilungen noch am besten den Ansprüchen unserer Wissenschaft.

2. Gegenüber den Verschiedenheiten unter den Reizen, die eben in einer Eintheilung zum Ausdrucke gelangen sollen, stehen die allen in Bezug auf das Empfindungsleben gemeinsamen Eigenschaften.

---

[1] Auch auf Massen zu übertragen. Wenn $\overline{OA}$ der Vector der Masse A ist, so ist der Massenvector $\overline{OA} \cdot A$.

[2] Die Ausführung der angedeuteten Unterscheidungen findet sich bei Maxwell, *Matter and motion*. S. 49 ff. u. *Scientific papers* II, 257. Vgl. auch die einschlägigen Schriften von W. R. Hamilton, Tait, Odstrčil u. Preyer's *„reine Empfindungslehre."*

Digitized by Google

Wir wollen sie in der knappen Form von Sätzen aufführen und, soweit überhaupt oder schon an dieser Stelle nothwendig, erläutern.

a) Zu einem Reize r muss, damit die von ihm erregte Empfindung a in eine noch eben merklich davon verschiedene b übergehe, ein um so grösserer Zuwachs x hinzugefügt werden, je grösser r selbst schon ist.

b) Schwache bis mässig starke Reize können Lustgefühle erregen, darüber hinausgehende sowie alle intermittirenden Reize erzeugen Unlust.

c) Die Modalitäten und Qualitäten der Wahrnehmungen sind durch die Schwingungszahl, die Intensitäten durch die Schwingungsamplitude der Wellen, die Amplitude wiederum durch die Dichte und Schwere des Mediums und die Stärke des Anfangsstosses bedingt. — Ein lehrreiches Beispiel giebt der Temperatursinn ab. Die sogen. mechanische Theorie der Wärme, wonach diese in einem Bewegungszustande der Molekel (zum Theil auch der Atome) besteht, lehrt, dass die Gradunterschiede der Temperaturen nicht auf Veränderungen in der Häufigkeit, sondern in der Schwingungsweite der Bewegungen beruhen. Dem Wechsel der Amplitude der Vibrationen würde demgemäss mittelbar der Wechsel der Temperaturempfindungen entsprechen, und es ist nun bemerkenswerth, dass dieser Empfindungswechsel ein lediglich quantitativer ist. Denn die Verschiedenheit von Kälte und Wärme können wir als auf anderen Verhältnissen begründet bei Seite lassen, wie die Besprechung der Hauttemperatur lehren wird; ebenso die Beobachtung von Kirchhoff und Balfour Stewart, dass bei sehr hohen Temperaturen Theilschwingungen auftreten, da es sich dabei um Grade handelt, bei denen die Haut sofort verbrennen würde. So finden wir auch hier bestätigt, dass innerhalb der Sinnesmodalitäten eine qualitative Aenderung nur durch Aenderung der Häufigkeit der Reizbewegungen stattfindet; ist letztere nicht gegeben, so fehlt jede Mannigfaltigkeit von Qualitäten.

d) Quantitative Aenderungen der Reize können qualitative Aenderungen der Empfindungen hervorrufen. — Ich denke vornehmlich an den Uebergang der Empfindungen von Druck, Wärme und Kälte zum Schmerz, wobei der Reiz bloss an Stärke zunimmt. Wenngleich solche Thatsachen des Hautsinnes die Unterlage dieses Satzes bilden, so finden sich doch auch Analogien innerhalb anderer Sinnesgebiete. Kneift man die Augen so weit zu, dass nur ein ganz kleiner Spalt zwischen den Lidern offen bleibt, so wird man an einem in grösserer Entfernung fixirten Objecte zwar noch die Umrisse des Ganzen wie seiner Theile, aber nicht mehr die Farben zu erkennen vermögen. Es verhält sich also bei diesem von Ottomar Rosenbach[1] beschriebenen Versuche wie bei der beginnenden tabischen Opticus-Atrophie, d. h. bei einer Herabsetzung der Leitungsfähigkeit des Sehnerven,

[1] Rosenbach in *Deutsche med. Wochenschr.* XV, 249.

Digitized by Google

in Folge deren, wenigstens nach Charcot, die Wahrnehmungsfähigkeit für Farben weit eher als die für die übrigen Gesichtsqualitäten zu schwinden pflegt. Und da nun die experimentell hervorgerufene Einschränkung der Sehqualitäten augenscheinlich auf einer Verminderung der Reizstärke beruht, so fällt diese Erscheinung unter das vorgenannnte Gesetz.

e) Dauernde einfache Reize werden abwechselnd bald sehr deutlich bald verschwommen empfunden.[1] — N. Lange hat zuerst in dieser Richtung systematisch experimentirt und eine Periodicität zu bemerken geglaubt. Er maass den Rhythmus für Gehörseindrücke als 3·8 Sec. betragend, für Lichteindrücke als 3·4 Sec., für die elektrischen Berührungsempfindungen als 2·5 Sec., für Erinnerungsbilder als 2·1 Sec. und stellte die Theorie auf, dass es sich bei diesen Thatsachen um Schwankungen in der Apperception handele. Münsterberg verbesserte die Untersuchungsmethode und gelangte zu dem, übrigens bereits früher von Kraepelin (in seiner Kritik Lange's) gezogenen Schluss, dass die Schwankungen bei der Wahrnehmung bedingt seien durch Veränderungen im peripherischen Sinnesapparate. Ob unter diesen Veränderungen lediglich Bewegungen des Sinnesorganes zu verstehen seien, erscheint zweifelhaft. Leumann vermuthet, dass die sogenannten Schwankungen der Aufmerksamkeit mit der Athemperiode zusammenfielen, Raggi, der für Gehörseindrücke sehr weite Grenzen angiebt, und Richet erklären sie für bedingt durch Ermüdung des Leitungsnerven, Stumpf denkt an einen Einfluss der Pulsation; E. Fick und Gürber haben die Vermuthung ausgesprochen, dass das Erlöschen und Wiedererscheinen der Gesichtsnachbilder, welches eintrete, auch wenn das Auge gar keine Bewegungen ausführe, vielleicht durch Verhältnisse des Blutkreislaufes bedingt sei, eine Annahme, der G. E. Müller Wahrscheinlichkeit zuerkennt. Ueberblickt man die Fülle der Erklärungsmöglichkeiten und hält man daneben, dass die Schwankungen meistens gar nicht periodisch genannt werden können, so wird man sich mit der Folgerung begnügen: organische Einflüsse an der Peripherie sind die Ursache der meisten Aufmerksamkeitsschwankungen. Welche Einflüsse im besonderen Falle z. B. beim Temperatursinn vorliegen, muss das Experiment auszumitteln versuchen; auch darf bei der Untersuchung nicht übersehen werden, dass das Urtheil über

---

[1] Hessler in Tröltsch' *Arch.* XVIII, 233 ff.; N. Lange in *Phil. Stud.* IV, 390; Leumann, *Ebenda* V, 618; Lotze, *Medic. Psychol.* S. 510; G. E. Müller, *Grundlegung der Psychophysik.* S. 47 ff. u. S. 335 ff.; Münsterberg, *Beitr. zur exp. Psychologie.* II, 69 ff.; Preyer, *Grenzen der Tonwahrn.* S. 72; Richet, *Recherches cliniques et expérimentales sur la sensibilité.* S. 306; Politzer in Troeltsch' *Arch.* XII, 109; Stumpf, *Tonps.* I. 40 u. 360; Urbantschitsch in *Centralbl. für die med. Wissensch.* 1875. S. 625 und in Pflüger's *Arch.* XXVII, 436 ff.

Digitized by Google

Stärke oder Schwäche der Empfindung als solches Veränderungen unterliegt, die im Zusammenhange mit dem gesammten Bewusstseinszustande stehen.

f) Von mehreren auf einander folgenden gleichen Reizen werden die ersten gleichmässig, die folgenden verstärkt, die letzten abgeschwächt empfunden. — Wie wir aus den Arbeiten von Fick (1863), Exner (1868 und 1876), Kunkel (1874 und 1877), Urbantschitsch (1881) u. A. wissen, wächst zunächst bei stetiger Reizstärke die Empfindungsintensität, um später etwas nachzulassen. Geruch, Geschmack und Hautsinn bieten gute, das Sehen minder gute und das Hören schlechte Beispiele hierfür; ein Einzelfall dieser Regel ist von Fechner zu einem „Parallelgesetz" erhoben worden. Die übliche Erklärung des Nachlassens der Empfindungsintensität durch „Ermüdung" des Nerven ist offenbar keine wirkliche Erklärung, denn sie enthält bloss ein leeres Wort und zwar dasselbe für die physiologische Seite des Vorganges wie für die psychologische. Aber, wie mir scheint, kann Heidenhain's bekannter Versuch den Weg zum Verständniss der Thatsache weisen. Der normale Muskel entwickelt unter einem Drucke Wärme, der ermüdete absorbirt solche, bis Zerfallsproducte wie die Milchsäure auftreten; entsprechend verlaufen die Vorgänge im Nerven. Die Processe im normalen Nerven gehören also wahrscheinlich in das exothermische, die im ermüdeten oder verletzten Nerven in das endothermische System der Chemiker. Wenn nun die Biophysik die physiologische Ermüdung auf Dissoziation und somit vielleicht auf van't Hoff's Gesetz $\frac{d \log n K}{d T} = \frac{9}{2 T^2}$ zurückführen könnte, so wäre hierdurch mittelbar auch die Erklärung der seelischen Erscheinung angebahnt.

Noch ein paar Worte zu der in unserer These berührten Mehrheit von Erregungen.[1] Starke hat unter Anderen nachgewiesen, dass von zwei auf einander folgenden Schallreizen der zweite regelmässig stärker geschätzt wird; dehnt man die Versuche auf grössere Reihen aus, so gelangt man wohl zu dem angegebenen Grundsatze. Die Erklärung für das Anwachsen der Empfindung liegt darin, dass die zweite Wahrnehmung mit einem von Natur aus blasseren Erinnerungsbilde verglichen und überschätzt wird; das spätere Schwächerwerden beruht theils auf einem Abklingen der Erinnerungsbilder, theils auf einer „Ermüdung" des zuleitenden Sinnesnerven. —

Wir haben nunmehr die für unsere Zwecke wichtigen Verschiedenheiten und Gemeinsamkeiten der physiologischen Reize in den Hauptzügen kennen gelernt und uns damit die Grundlage für die durchaus nothwendige Erörterung des „Gesetzes" der specifischen Energien geschaffen. Treten wir zunächst in die Betrachtung der Thatsachen ein.

---

[1] Starke in *Philos. Stud.* III, 264; Merkel, *Ebenda.* IV, 137; Lehmann, *Ebenda.* VII, 204.

Digitized by Google

B. Die Thatsachen der Lehre von den spec. Energien.

1. Das Factum, das am frühesten den Gedanken an eine specifische Fähigkeit nervöser Gebilde nahe gelegt hat, ist die von Alters her beobachtete Anpassung bestimmter Sinnesapparate an bestimmte physikalische Vorgänge. In dieser Auffassung waren die deutsche Physiologie und Psychologie seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts einig. Um nur ein einziges Beispiel herauszuheben, sei eine Aeusserung des gewöhnlich nicht originell denkenden Erhard Schmid[1] angeführt. Er sagt: „Die Empfänglichkeit der Nerven für gewisse Affectionen und die Anlage derselben zu gewissen Thätigkeiten (Reactionen) ist specifisch; es giebt daher eine specifische Empfindlichkeit (Sensibilität) der Nerven. Am deutlichsten sehen wir dies bei den Nerven der verschiedenen Sinne z. B. durch die Gehörnerven empfinden wir bloss Schall u. s. f."

Hiermit ist jedoch erst die minder wichtige Seite des Problems berührt; bedeutsamer ist die Frage nach dem Verhalten eines bestimmten Sinnesnerven zu den unmittelbaren Reizen. Und die Frage hat zuerst Ch. Bell[2] erörtert und zwar so treffend, dass, wenn man wollte, man von dem Gesetze der specifischen Energien als von einem „Bell'schen Gesetze" sprechen könnte. „An impression," lehrt er, „made on two different nerves of sense, though with the same instrument, will produce two distinct sensations, and the ideas resulting will have relation to the organs affected. Piercing the retina with a cataract needle gives a flash of light, and a blow on the head make the ears ring and the eye flash light, but no sound or light are present." Ganz richtig beurtheilt Bell ferner den Antheil des Gehirns an dem geschilderten Thatbestande. Was Johann Müller dieser Lehre lange Jahre später hinzugefügt hat, sind zunächst Beobachtungen wie die folgenden: „Der vermehrte Reiz des Blutes erregt in dem einen Organe spontane Lichtempfindungen, im dem anderen Brausen, in dem anderen Kitzel, Schmerz u. s. w."[3]) Alsdann eine genaue Formulirung: „Die Empfindung ist also nicht die Leitung einer Qualität oder eines Zustandes der äusseren Körper zum Bewusstsein, sondern die Leitung einer Qualität, eines Zustandes unserer Nerven zum Bewusstsein, veranlasst durch eine äussere Ursache." Endlich die Ausdeutung im Sinne des philosophischen Idealismus: „Wir sehen uns selbst in unseren scheinbaren Grössen auf der wahren Grösse der Netzhaut als einen Theil derselben."

---

[1] Schmid, *Physiol., philosophisch bearbeitet*, 1801. III, 336.

[2] Bell, *Idea of a new anatomy of the brain.* 1811. S. 11. Ganz ähnlich sprach sich Magendie ein Dutzend Jahre später aus in den *Annales de chimie et de physique.* XXIII, 429. 1823.

[3] Müller, *Handb. der Physiol. des Menschen*[4]. I, 667. 1844. (Erste Aufl. 1834).

Digitized by Google

Von Johannes Müller's Zeiten an hat der Lehrsatz fortgewuchert. Es lag zwar nahe, dass die Psychophysik gegen ihn Einwendungen erhoben hätte, weil sie die Empfindungen in ein Abhängigkeitsverhältniss zu den Reizen setzte, welche letztere Müller bei der Erklärung der Sinnesphaenomene streng ausgeschlossen wissen wollte — allein solche Einwendungen wurden kaum laut.[1] Im Gegentheil, das Dogma wuchs an Ansehen und erhielt seinen schroffsten Ausdruck in dem Donders'schen Satze: bei über's Kreuz verheilten Seh- und Hörnerven würden wir mit dem Ohre den Blitz als Knall hören, mit dem Auge den Donner als eine Reihe von Lichteindrücken sehen. Es erfuhr aber auch — wenigstens anscheinend — eine Erweiterung und Vertiefung durch Helmholtz's Versuch, seine Gültigkeit von den Modalitäten auf die Qualitäten der Wahrnehmungen auszudehnen. Eine Verallgemeinerung nach anderer Richtung, die von Rosenthal[2] vertreten wurde, bezog sich auf die motorischen und secretorischen Nerven und ergab die, auf andere Art längst „bewiesene" These, dass alle Unterschiede in den Wirkungen verschiedener Nerven nicht auf Unterschiede in diesen Nerven selbst, sondern auf die Verschiedenheiten der Organe, mit denen die Nerven verbunden sind, zurückzuführen seien. Einen begründeten Angriff auf die Annahme specifischer Energien unternahmen Lewes und Horwicz im Anschluss an entwicklungsgeschichtliche Gesichtspunkte, Wundt[3] aus Anlass physiologischer Erwägungen. Die Thatsachen indessen, auf die das Gesetz sich stützt, sind von den genannten Forschern nur nebenher berücksichtigt worden.

2. Prüfen wir diese Thatsachen. Wir denken den Fall, dass Jemand einen Faustschlag in die Schläfengegend erhält, und setzen voraus, dass er an der Haut Druck und Schmerz, im Auge Funkensprühen, im Ohre Dröhnen wahrnimmt. Nach der üblichen Anschauung soll hierbei ein einziger Reiz wirksam sein, der verschiedene Empfindungen auszulösen vermöge. Indessen das trifft nicht zu: der Vorgang des Faustschlages ist vielmehr ein sehr zusammengesetzter. Die Hand comprimirt einmal die Haut und erregt somit auf dem normalen Wege Druck und Schmerz, sie erzeugt aber auch durch die Erschütterung des Schädels Schallwellen, die mittels Knochenleitung dem Hörnerven übermittelt werden, und sie erwirkt

---

[1] Boehmer, *Die Sinneswahrn.* S. 241. 1868. B. zerlegt übrigens das grosse Gesetz der specifischen Energie in drei Nervengesetze: das der Sensibilität der Nervensubstanz, das der stetigen Function mit veränderlichen Reizen und das der veränderlichen Function mit stetigen Reizen.

[2] J. Rosenthal im *Biol. Centralbl.* IV, 55.

[3] Wundt, *Phys. Psych.*[2] I, 382. Dort auch die Stellennachweise für Lewes u. Horwicz.

Digitized by Google

endlich aller Wahrscheinlichkeit nach photochemische Processe in der Netzhaut, wie sie in geringerem Maassstabe schon durch die Blutcirculation veranlasst und zum Sehen rother Pünktchen entwickelt werden können. Auf keinen Fall darf die scheinbare Einfachheit der Schlagbewegung dazu verleiten, in ihr einen einzigen physiologischen Reiz zu erblicken. Wir haben es hier wie anderwärts immer mit zusammengesetzten Ursachen zu thun, von denen die Sinne nur den Theil auffassen, an den sie adaptirt sind, so dass man allenfalls von einer Electivität der Sinnesnerven bezw. der Bezirke auf der Grosshirnrinde, aber nicht von einer specifischen Energie sprechen darf.

Es wird also vielleicht die Möglichkeit zugegeben werden müssen, dass die mechanischen Reize Aetherschwingungen und somit Lichtempfindungen, Luftwellen und somit Schallempfindungen, Molecularverschiebungen und somit Druckempfindungen durch Umsetzung der Formen von Kraft hervorzurufen im Stande sind. Unter dieser Voraussetzung aber ist der erwähnte Faustschlag nicht mehr ein unmittelbarer (inadaequater) Einheitsreiz, sondern ein Gesammtreiz, dessen Theile adaequat (mittelbar) auf die verschiedenen Sinnesorgane wirken. So erklärt es sich zugleich, weshalb mechanische Reizung der Zunge und der Nase niemals Geschmacks- bezw. Geruchswahrnehmungen zu Folge hat: eben weil der genannte physikalische Process keine chemischen und emanativen Wirkungen in sich schliesst und diese allein durch die betreffenden Nerven an die Centralstation gemeldet werden. Dass es sich mit der Elektricität ebenso verhält, hat E. H. Weber ausführlich dargethan; die Gehörswahrnehmung erklärt er durch eine Zusammenziehung der Muskeln der Gehörknöchelchen, den Geruch aus Ozonbildung, den Geschmack aus Elektrolyse u. s. w. (a. a. O. S. 508 ff.)

Wenn schon durch diese Erwägungen über die Natur der physiologischen Reize das Gesetz der specifischen Energien einen argen Stoss erleidet, so noch mehr durch die Zergliederung des subjectiven Momentes in den als Stütze herangezogenen Erscheinungen.

3. Für den Gesichtssinn und zwar für die Modalität der Lichtempfindung haben Brenner und Neftel[1] nachgewiesen, dass bei der Application des galvanischen Stromes im Gesicht und am Halse, aber auch an Stellen, die noch entfernter von den Augen liegen, während plötzlicher Stromesschwankungen Lichtblitze auftreten. Eine directe Erregung der Sehnervenfasern als Ursache der Wahrnehmung folgt meines Erachtens aus den Experimenten keineswegs mit unumstösslicher Sicherheit: weshalb sollen die Ströme nicht die Stäbchen der Netzhaut erreichen und deren Seh-

[1] Litteratur s. in Pierson-Sperling's *Elektrotherapie.*[5] S. 321.

Digitized by Google

purpur zersetzen? Oder weshalb nicht die Leitungsfähigkeit des Sehnerven so erhöhen, dass das Eigenlicht der Netzhaut in veränderter Weise zum Bewusstsein gelangt? Und wie stimmt es mit dem Gesetze zusammen, dass je nach Art und Richtung des Stromes verschiedene Wahrnehmungen auftreten (Helmholtz, Optik 197), wo doch der Nerv immer im gleichen Sinne reagiren sollte? Erinnern wir uns doch ferner einmal der früher besprochenen Mitempfindungen: da zeigt sich ja, dass z. B. vorübergehende Steigerung des Lichtsinnes manchmal bei Druck auf das andere Auge oder bei elektrischer Reizung der Nasenschleimhaut entsteht, dass ähnliche, oft für die specifische Energie in Anspruch genommene Thatsachen, auch der Hörverbesserung nach Bougirung der Tuba sowie der Wirkung des künstlichen Trommelfells zu Grunde liegen; leider aber ist diese Bedeutung der Mitempfindungen niemals berücksichtigt worden. Ferner sind die vorliegenden Beobachtungen über Lichtempfindungen nach mechanischer Reizung des Sehnerven durchweg ungenügend. Wir besitzen solche erstens von Seiten älterer unzuverlässiger Chirurgen, z. B. Tourtuals[1], und zweitens von Schmidt-Rimpler.[2] Weder der Letztgenannte noch Rothemund u. A. haben jemals bei Kranken, deren Augapfel enucleirt werden musste und deren N. opticus ganz leitungsfähig war, eine specifische Reaction constatiren können. Und Hrn. Schmidt-Rimpler's wenige Experimente zu Gunsten der Müller'schen Lehre leiden an dem Mangel, dass sie erstens, obwohl an sechs geeigneten Patienten angestellt, nur bei zweien glückten, und dass sie zweitens ohne Rücksicht auf den Unterschied von Empfindungen und Erinnerungsbildern erklärt worden sind. Ausserdem begeht der berühmte Augenarzt den Fehler, mechanische Reizungen der Netzhaut als Ursachen von Wahrnehmungen vorauszusetzen; einen Fehler, den selbst Hr. Rosenthal[3] nicht vermeidet. Es bleiben noch die bekannten Lichterscheinungen beim Druck auf den Augapfel zu erwähnen. Sie erklären sich indessen ungezwungen durch die Bewegungen des in den Augenmedien vorhandenen Aethers (Lotze, Metaph. 508) und wohl auch durch elektrische Störungen.

Was nun die Qualitäten des Sehens, nämlich die Farbenempfindungen betrifft, so werden sie kaum ganz streng im Sinne der specifischen Energien von den neueren Theorien erklärt. Unter den neueren Theorien verstehe ich die von v. Helmholtz und Hering, denn die dritte mögliche Annahme, dass in der Netzhaut nur Ein empfindliches Element vorhanden sei und dieses von Licht verschiedener Wellenlänge verschieden

[1] Vgl. Müller, Joh., *Hdb. der Physiol.*[4] II, 259.
[2] Schmidt-Rimpler im *Centralbl. für die med. Wissensch.* 1882. S. 1 ff.
[3] Rosenthal im *Biol. Centralbl.* IV, 116.

Digitized by Google

erregt werde, hat erstens heute wenige Anhänger und scheitert zweitens an der Unmöglichkeit, die Functionen von Stäbchen und Zapfen sondernd zu erklären und die Nachbilder verständlich zu machen.[1] Den Theorien der genannten beiden Forscher ist nun gemeinsam, dass sie mehrere verschieden empfindliche Retina-Elemente voraussetzen; jede Art nehme bloss Licht von bestimmter Wellenlänge auf, sei bloss für Eine „Farbe" empfindlich. Damit wird jedoch offenbar der Kernpunkt unseres Problemes nicht getroffen, der ja in der eindeutigen Beantwortung beliebiger Reize liegt. Die elektrische Reizung der Faser a (b, c) müsste immer die Farbenempfindung α (β, γ) setzen, wenn der Versuch und die Hypothese Werth für die Frage der specifischen Energien gewinnen sollten. Die Annahme je dreier Zapfen oder Sehsubstanzen, sowie einer Angepasstheit an je drei Wellenzüge gehört zum Aussenwerk des Problemes.

Ganz ähnlich verhält es sich beim Hören.[2] Man kennt die sogen. „Normalformel" für die „elektrische Reaction" des Acusticus. Diese Formel bedeutet aber kaum, dass durch einfache Reizung des Nervenstammes regelmässiger Weise eine Schallwahrnehmung entstehe. Letztere tritt vielmehr erst bei Stromstärken auf, die das Gehirn afficiren, oder bei hyperaemischen und irritativen Zuständen im Gehörorgane; „der normale Hörnerv gesunder, nicht an irgend einer nervösen Affection leidender Personen reagirt nur in relativ seltenen Fällen (15 Procent) und nur bei hoher Stromstärke (!) auf galvanische Durchströmung". (Chvostek, a. a. O. S. 537.) Ferner steht es fest, dass der bei Kathoden-Schliessung (Ka S), im Beginne der Kathoden-Dauer (Ka D) und bei Anoden-Oeffnung (An O) gehörte Ton ein objectiver Ton ist, der für gewöhnlich dem Resonanztone des schalleitenden Apparates entspricht und durch veränderte Zustände im Mittelohre modificirt (in Kiesselbach's Fall von a^4 auf g^4 herabgesetzt) wird. Dieser Resonanzton, mit dem das Höhlensystem des Mittelohres das fortwährend in ihm bestehende Blutgeräusch beantwortet, tritt erst dann in's Bewusstsein, sobald die Erregbarkeit der Hörnerven pathologisch und elektrotonisch gesteigert ist.

In Betreff der Klangwahrnehmungen[3] herrscht die von Hensen

---

[1] Liesegang im *Centralbl. für die med. Wissensch.* 1891. Nr. 24 und 25, bes. S. 434.

[2] Kiesselbach in Pflüger's *Arch.* XXXI, 377. Litteratur-Zusammenstellungen bei Landois, *Compend. der Physiol.*[1] S. 742; Pierson-Sperling, *Elektrotherapie.*[5] S. 325; Chvostek in *Zeitschr. f. d. klin. Med.* XIX, 526.

[3] Für die Empfindung der einfachen Töne scheint Helmholtz' Theorie nicht unbedingt nöthig zu sein. Aber auch für die Klangwahrnehmung betrachte ich im Gegensatze zu Hermann (Pflüger's *Arch.* XLIX, 518) die elective Erregbarkeit der einzelnen Hörnervenfasern als ein zerlegendes Moment und somit als ausreichend.

Digitized by Google

verbesserte und vielleicht durch Rutherford's und Waller's Theorien zu ergänzende Helmholtz'sche Lehre gegenwärtig vor. Danach zerlegt das Resonatorensystem des Ohres den Klang in seine pendelartigen Componenten, es entspräche ausschliesslich oder wenigstens vorzugsweise jedem möglichen einfachen Tone eine mitschwingende saitenähnliche Faser der Basilarmembran. Setzen wir etwa den Fall, die radiäre Faser f sei auf den Ton t abgestimmt; würde sie nun isolirt von einem Tone t_1 getroffen, oder gedrückt, oder chemisch, thermisch, elektrisch gereizt, so würde sie nicht in Mitschwingung gerathen, den Nerven nicht erregen. Denn ihre Daseinsberechtigung liegt gerade darin, dass sie nur einem bestimmten physikalischen Einzelvorgange angepasst ist, den sie sich sogar meist erst aus einem Gesammtprocesse in der Aussenwelt (einem Klange) heraussuchen muss. Von einer specifischen Energie, von einer Reaction auf alle möglichen Reize, ist demnach keine Rede: eher noch könnte Voltolini für seine Anschauung, der zufolge jede einzelne Nervenzelle der Schnecke Alles hört, unser Gesetz in Anspruch nehmen. Nein diese Theorie der Klangwahrnehmung besagt nicht mehr und nicht weniger als das genaue Gegentheil der Joh. Müller'schen Lehre. Während letztere eine Interpretationshypothese ist, entsteht hier mit einem Male eine Identitätshypothese, erhebt sich die Behauptung der Identität des physiologischen mit dem physikalischen Vorgange. Während für die Netzhaut die Dreizapfentheorie bloss eine Aehnlichkeit zwischen dem physikalischen und dem physiologischen Processe voraussetzt, lehrt Helmholtz für die Schnecke die Gleichheit beider Processe und thut damit einen Schritt, der, soweit ich es beurtheilen kann, ihn nicht nur von seinen Grundansichten erheblich entfernt, sondern auch zu bestreitbaren Annahmen führt.[1]

4. Ueber den Geruch liegen ältere Arbeiten von Volta, Ritter, Pfaff u. A.[2] vor, die indessen unzulänglich sind. Ihnen zufolge soll durch sehr starke Ströme eine specifische Reaction des Riechnerven auftreten, die bei KaS und AnO zu ammoniakalischer, bei KaO zu säuerlicher Geruchswahrnehmung führe. I. Rosenthal dagegen konnte bei Durchleitung

---

[1] Vgl. König, *Quelques expériences d'acoustique.* S. 218 und Hermann in Pflüger's *Arch.* XLIX, 499 ff. bes. 517. — Will man den im Text angedeuteten Gedankengang bis in die äussersten Consequenzen fortsetzen, so gelangt man schliesslich zu der Anschauung, dass die Protoplasmafäden der Grosshirnrinde von verschiedener Länge sind, auf den ihrer jeweiligen Länge entsprechenden physikalisch-physiologischen Vorgang ausschliesslich reagiren und den physischen Untergrund der Empfindung bilden.

[2] Die ältere Litteratur bei du Bois-Reymond, *Untersuchungen* I, 343. S. ferner v. Vintschgau in Hermann's *Hdb.* III, 2. S. 153, I. Rosenthal in *diesem Arch.* 1860. S 27 u. im *Biolog. Centralbl.* IV, 119.

Digitized by Google

eines Stromes, wenn die eine Elektrode in Gestalt einer mit feuchtem Schwamm überzogenen Platte an der Stirn anlag, die andere in Form eines Drahtes in das mit Wasser angefüllte Nasenloch tauchte, keinen Geruch wahrnehmen. Methodisch genauer sind die Versuche Aronsohn's, der eine Elektrode in die mit Kochsalzlösung gefüllte Nase senkte und bei Stromschwankungen einen Geruch empfand. Aber für unsere Frage sind sie nichtsdestoweniger unbrauchbar. Die Elektricität wirkte hier auf die Endapparate der Riechschleimhaut und von diesen können wir ebensowenig annehmen, dass sie für den galvanischen Strom unmittelbar empfänglich seien, wie wir andererseits nicht voraussetzen dürfen, dass die Fasern des Riechnerven unmittelbar durch riechbare Stoffe erregt werden. Will man also Aronsohn's Versuche — die ich übrigens auf Grund eigener Experimente für nicht ganz einwandfrei halten möchte — für grundsätzlich richtig erklären, so muss man auf die elektrolytischen Wirkungen zurückgreifen, die den angepassten chemischen Reiz darstellen. Demnach sind auch diese Beobachtungen als Stütze des Gesetzes der specifischen Energien nicht haltbar. Und über den etwaigen Zusammenhang einzelner Gerüche mit bestimmten einzelnen peripherischen Endorganen oder Nervenfasern ist bisher nichts festgestellt.[1]

In Bezug auf den Geschmackssinn hat man früher Zweifel daran geäussert, ob er überhaupt als Sinn und nicht vielmehr als eine Modification der allgemeinen Sensibilität aufzufassen sei. Seitdem man indessen weiss, dass überall, wo Geschmack empfunden wird, sogar am Kehldeckel,[2] eigenthümlich gebaute Apparate, die Schmeckbecher vorhanden sind und dass ferner der N. glosso-pharyngeus den Hauptleiter dieser Wahrnehmungsgruppe bildet, hat man wohl allgemein derartige Zweifel aufgegeben. Durch Chevreul's Anweisungen sind wir auch in den Stand gesetzt, die Berührungs- und Geruchseindrücke bei der Prüfung der Geschmackswahrnehmungen mit einiger Sicherheit auszuschliessen. Für die elektrische Erregung bestehen nun zwei Verfahrungsweisen. Man kann die eine Elektrode auf die Zunge aufsetzen; alsdann ist die Möglichkeit nicht abzuweisen, dass sich Elektrolyte abscheiden, die die peripherischen Endorgane chemisch reizen. Setzt man hingegen die Elektroden an den Wangen oder die eine an der Backe und die andere im Nacken bezw. im Rücken auf, so entsteht (nach der Einschaltung von mehr als acht Elementen,

[1] Ziehen, *Leitf.* S. 41, vermuthet: „Alle Geruchsnervenfasern sind wahrscheinlich identisch, jede kann jeden Geruch vermitteln."

[2] Michelson in Virchow's *Arch.* CXXIII, 389. — Elektrische Reizung der Epiglottis erzeugt Geschmackswahrnehmungen, vgl. Hermann in Pflüger's *Arch.* XLIX, 580. — Wichtig ist auch der Bericht von Urbantschitsch im *Archiv für Ohrenheilk.* XIX, 135.

Digitized by Google

wenigstens bei mir) beim aufsteigenden Strome saurer, beim absteigenden ein schwer definirbarer alkalischer Geschmack. Neuere, durch Hrn. Laserstein[1] ausgeführte Untersuchungen haben in schöner Uebereinstimmung mit meinen eigenen aus dem Winter 1888|89 herrührenden Versuchen ergeben, „dass diejenigen Gebilde, auf deren Veränderung durch den Strom der Geschmack beruht, in der äussersten Peripherie zu suchen sind." Die in die Schleimhaut einstrahlenden letzten Nervenfaserendigungen können nun deshalb nicht diese Gebilde sein, weil auf die sonst so wirksame Stromschwankung keine Reaction erfolgt, die Wahrnehmungsintensität bei Steigerung der Stromstärke kaum wächst und die beiden Stromrichtungen Wahrnehmungen zur Folge haben, die sich nicht nur in ihrer Stärke, sondern auch in ihrer Qualität auffallend unterscheiden. So lange wir aber die Nervenfasern in ihrer Continuität als indifferente Leiter betrachten, ist es undenkbar, dass der aufsteigende Strom eine andere Erregung im Nerven hervorrufen könne als der absteigende oder dass er z. B. bloss die „sauer empfindenden"(!) Fasern errege. Ebensowenig haltbar ist Rosenthal's[2] Vermuthung, dass erstens ein Eigengeschmack, zweitens eine grössere Empfindlichkeit der „sauer empfindenden(!) Nervenelemente" existire und aus diesen Voraussetzungen mit Hülfe des Katelektrotonus die Erscheinungen sich ableiten liessen. Vielmehr besteht aller Wahrscheinlichkeit nach die elektrolytische Theorie zu Recht; es werden ja auch gerade die beiden chemischen Constitutionen geschmeckt, die aus der Elektrolyse hervorgehen, nämlich sauer und alkalisch.[3]

Bleibt der Hautsinn. Lange Zeit hindurch hat der Aberglaube gewaltet, dass Reizung eines Gefühlsnerven in seinem Verlaufe allemal und ausschliesslich Schmerz hervorbringe. Erst Adolf Fick[4] hat diese Irrlehre gründlich zerstört, indem er auf das excentrische Prickeln in eingeschlafenen Gliedern und bei elektrischer Reizung hinwies. Ihm schloss sich Hering[5] an, der zugleich eine methodische Untersuchung der Frage forderte. Sie zu leisten wird später versucht werden. Doch muss ich gleich hier darauf aufmerksam machen, dass vornehmlich diejenige Fühlqualität, die im Allgemeinen nicht als „Sinn" betrachtet zu werden pflegt, nämlich der Schmerz, am ehesten als Musterbeispiel der specifischen Energie aufgeführt werden könnte. Und zweitens ist hervorzuheben, dass die neueren Lehren über die Ausdehnung des Gesetzes auf den Hautsinn einem groben Missverständ-

[1] Vgl. Hermann in Pflüger's *Arch.* XLIX, 520 f. u. 528 ff.

[2] Rosenthal im *Biol. Centralbl.* IV, 120.

[3] du Bois-Reymond, *Ges. Abh.* I, 1 ff. L. Hermann in Pflüger's *Arch.* V, 223; VI, 312; XLII, 1 u. 64; XLIX, 533.

[4] Fick, *Lehrb. der Anat. u. Physiol. der Sinnesorgane.* S. 39.

[5] Hering in Hermann's *Hdb.* III, 2. S. 416.

Digitized by Google

nisse ihr Dasein verdanken. Wenn wir von Hautsinn sprechen, um mit einem einzigen bequemen Ausdrucke Druck- und Temperaturwahrnehmungen zu umfassen, so bleiben wir uns doch des Unterschiedes dieses „Sinnes" von den übrigen Sinnen bewusst. Weder entspricht der Hautsinn dem Gesichtssinn, noch die Druck- oder Temperaturwahrnehmung einer bestimmten Farbenempfindung. Vielmehr sind Druck und Temperatur so weit von einander getrennt wie Ton und Farbe. Wenn daher auch verschiedene Endpunkte für Druck- und für Temperaturempfindungen nachgewiesen werden, so bedeutet das noch nicht dasselbe wie die verschiedenen Zapfen im Auge. Die Punkttheorie im Allgemeinen ist nicht eine Uebertragung der Helmholtz'schen Lehren auf den als einheitlich vorausgesetzten Hautsinn.

Soweit wäre vorläufig unsere Umschau über das Erscheinungsgebiet beendet.

C. Wesen und Sitz der specifischen Energie.

1. Ausser den bisher erörterten Bedenken gegen die Gültigkeit der specifischen Energien, die lediglich aus Thatsachen fliessen, hat man[1] Einwände gegen dieses Gesetz erhoben, die in theoretischen Erwägungen wurzeln.

Besonders Wundt sucht nachzuweisen, dass die einzelnen Sinnesnerven nur darum unveränderliche Empfindungsarten liefern helfen, weil sie in Stammes- oder Individualentwicklung sich vollkommen an je eine Klasse von Reizen angepasst haben; durch diese Adaptation entstehe der Anschein einer von vornherein gegebenen Einzelbefähigung des centralen Nervenendes. Diese Annahme widerspricht, wie Stumpf gezeigt hat, der üblichen Lehre durchaus nicht in entschiedener und entscheidender Weise, denn das beim normalen Menschen vorhandene Ergebniss der Anpassung deckt sich mit dem in der zu bekämpfenden Theorie ausgedrückten Thatbestande. Ausserdem bleibt für die Wahrnehmungsgruppe, die zuerst allein den Plan beherrscht haben mag, etwa die des Drucksinnes, der abgewiesene Begriff in voller Gültigkeit.

Das zweite Bedenken Wundt's betrifft weniger das Verhältniss der Nerventhätigkeit zum Reizvorgang als das Verhältniss der Empfindungsart

[1] G. H. Meyer, *Untersuchungen über die Physiol. der Nerven.* S. 54 ff. 1843; Lotze, *Kl. Schriften.* II, 31 u. *Med. Psych.* S. 186 ff.; Wundt, *Phys. Psych.*[3] I, 322 ff. Ich citire nach Stumpf, *Tonps.* II, 118. Munk's Stellung zu dem vorliegenden Probleme ergiebt sich aus den Auseinandersetzungen in *Functionen der Grosshirnrinde.*[2] S. 87, 155, 280 ff., 291.

Digitized by Google

zum physischen Parallelprozesse im Centralorgane. Man dürfe nicht annehmen, dass z. B. die Wahrnehmung von Licht unweigerlich an dieselben bleibenden Elemente der Grosshirnrinde gebunden sei; vielmehr sei vorauszusetzen, dass eben diese Elemente andersartige psychische Zuständlichkeiten z. B. Tastwahrnehmungen erwirken könnten, sofern nur die entsprechenden Reize durch das intracentrale Fasernetz zu ihnen geleitet würden. Hiergegen hat Munk drei Gegenbeweise in's Treffen geführt, von denen der zweite auch uns interessirt. Während Wundt eine Veränderlichkeit der centralen Sinneselemente als im Widerspruche mit der Lehre von den specifischen Energien ansieht, hebt Munk hervor, dass die für die Träger der Empfindungen beanspruchte Specificität keine andere ist als die bei vielen sonstigen Körperbestandtheilen vorhandene z. B. bei den secernirenden Zellen der Drüsen. Eine gewisse Variabilität darf hier wie dort vorausgesetzt werden: eine ganz starre Unveränderlichkeit organischer Gebilde ist überhaupt undenkbar. Eine Veränderungsfähigkeit in grösserem Maassstabe aber existirt nicht und somit auch keine Stellvertretung von Rindenfunctionen unter einander. Wundt's Einwendungen scheinen daher nicht Stich zu halten.

2. Ehe wir nun zu ermitteln versuchen wollen, welche Ansichten über Sitz und Wesen der specifischen Energien die grösste Wahrscheinlichkeit besitzen, müssen wir uns über die Tragweite des Begriffes klar werden und zunächst einer neuerdings beliebten übermässigen Ausdehnung desselben entgegentreten.

Carl Stumpf (Tonps. II, 124) schlägt im Hinblick auf den Nativismus vor, auch für das räumliche Moment des Empfindungsinhaltes specifische Energien anzunehmen.[1] Er versteht darunter „räumlich getrennte Nervenelemente, welche vermöge einer verschiedenen materiellen Beschaffenheit verschiedene Orte in der Empfindung erzeugen," und glaubt hierdurch sowohl eine bestimmte Abnormität in der Organisation des Tonsinnes als auch das Verhältniss zwischen Sinneswahrnehmungen und Gemeingefühlen zu erklären. Abgesehen davon, dass die genannte Hypothese keine Erklärung, vielmehr nur eine Verschiebung nach rückwärts bedeutet, erscheint es als recht unzweckmässig,[2] einen bloss für die Empfindungsmodalitäten üblichen Ausdruck ohne Noth auf andere Verhältnisse zu übertragen. Man kommt schliesslich dahin, jede ursprüngliche Veranlagung des psychophysischen Lebewesens eine „specifische Energie" zu nennen. In der That

[1] Aehnlich Rosenthal im *Biol. Centralbl.* IV, 84.

[2] Es ist kennzeichnend, dass Stricker aus gleichem Grunde gerade umgekehrt das Wort Energie auf die Sinnesempfindungen beschränkt und mit Qualität noch Raum- u. Zeitsinn bezeichnet. *Sitzungsber. der Wiener Acad.* LXXV, 293.

Digitized by Google

nimmt Stumpf den Terminus auch für den Process der Verschmelzung in Anspruch und spricht von „specifischen Energien höherer Ordnung" oder „specifischen Synenergien." „Unter einer solchen würden wir also verstehen eine in der Hirnstructur gründende bestimmte Art des Zusammenwirkens zweier nervöser Gebilde, wodurch jedesmal, wenn diese Gebilde die ihnen entsprechenden Empfindungen erzeugen, ein bestimmter Verschmelzungsgrad dieser Empfindungen miterzeugt wird." Wie gesagt: ohne Rücksicht auf die — übrigens angreifbare — sachliche Berechtigung wird man allein schon aus praktischen Gründen eine derartige Begriffsausdehnung verwerfen müssen.

Eine weitere Schwierigkeit verbirgt sich in der Frage, ob das Gesetz der specifischen Energien auf die Modalitäten der Sinneswahrnehmungen zu beschränken oder auch auf ihre Qualitäten auszudehnen ist. Das letztere hat v. Helmholtz gethan — wenigstens in physikalischer Beziehung, denn erkenntnisstheoretisch und physiologisch vertritt er bloss den Müller'schen Standpunkt.[1] Da aber die Verwandtschaft zwischen Müller's Gesetz: dass ein Sinnesnerv auf alle beliebigen Reize mit derselben Empfindung antworte, und der Helmholtz'schen Lehre, dass z. B. die einzelnenen Corti'schen Fasern von Schallwellen nur die aufnehmen, auf die sie gerade abgestimmt sind, eine sehr entfernte ist, so thut man gut, diese beiden Theorien ganz auseinander zu halten. In vollem Umfange hat Helmholtz übrigens seinen physikalischen Grundsatz nur beim Gehörssinn durchgeführt, weniger ausgiebig und besonders weniger glücklich beim Auge. Seine Farben-Theorie nämlich erklärt die folgenden Thatsachen nicht: die durch Polarisationsströme entstehenden Nachbilder, die Function der Stäbchen, die König'schen Erfahrungen an Augenkranken. Sie ist aber auch in der hier zu erörternden Beziehung unzureichend. Denn sobald man annimmt, dass sämmtliche Farbenunterschiede auf combinirten Erregungen dreier Fasergattungen beruhen, fügt man mit der „Combination" zu den Leistungen der drei Gattungen ein ganz neues Moment hinzu, welches das Gesetz durchlöchert. Während der Klang in sich die ihn zusammensetzenden Elemente (Grundton und Obertöne) als verschiedene hören lässt und der Accord die ihn bildenden Klänge, zeigen die Mischfarben auch dem geübtesten Auge keine Mehrheit von Componenten.

Was die übrigen Sinne angeht, so darf wohl auf die oben gegebenen Auseinandersetzungen zurückgewiesen werden; nur beim Hautsinn liegt die Sache anders. Da es sich nämlich darum handelte, die Beziehung unseres Gesetzes zu den Qualitäten innerhalb der Empfindungskreise auszumitteln, so fragt es sich zunächst, welche Empfindungen Modalitäten und welche

[1] von Helmholtz, *Phys. Opt.*[1] S. 194; *Thats. in der Wahrn.* S. 12.

Digitized by Google

Qualitäten beim Hautsinne sind — man sieht, es muss vorher ein anderes Problem gelöst werden. Das kann aber erst später geschehen.

3. So viel dürfte aus dem Vorangegangenen sich bereits ergeben haben, dass mit dem Begriffe der specifischen Energie eine hauptsächlich physiologische Thatsache umschrieben zu werden pflegt. Es hat daher seinen guten Sinn, nach ihrem Sitze zu forschen, so lange man sich auf gleichen Boden mit der herrschenden Anschauung stellen will. Offenbar nun sind drei Grundfälle möglich: die specifische Energie kann ihren Sitz in dem peripherischen Sinnesapparat oder in dem leitenden Nerven oder in dem Centralorgane haben, d. h. an einer dieser drei Stellen kann endgültig die Beschaffenheit der Empfindung bestimmt sein. Des Ferneren ist es denkbar, dass man den Sitz in alle drei Glieder des Gesammtverlaufes legt oder in je zwei, d. h. dass man aus dem Zusammenwirken von drei oder zwei Nervengebilden die Art der Empfindung bestimmt denkt. Aber wir werden nicht in eine, mit dem Gegenstande auch den Leser erschöpfende Besprechung aller dieser Möglichkeiten eintreten, sondern uns mit einem Ueberblicke begnügen.

Die Ansicht, dass dem leitenden Sinnesnerven allein die specifische Energie zukomme, ist in der neueren wissenschaftlichen Litteratur wohl nur einmal vertreten. Die Verschiedenheit der Wahrnehmungsmodalitäten soll nach Rudolf Arndt[1] durch chemische Verschiedenheit der Nerven zu Stande kommen, ähnlich wie die Differenz der Intensitäten auf Dichtigkeitsdifferenzen der Nervenfasern beruhe. Indessen, was Arndt zur Stütze dieser mit einem Grundsatze der heutigen Physiologie widerstreitenden Vermuthung anführt: das Sehroth und die optischen Wirkungen des Santonin und Atropin, die akustischen des Atropin und Nicotin, die tactilen des Ergotin u. s. w. — dies Alles lässt sich durch Verhältnisse in den peripherischen und centralen Apparaten (besonders Rückenmark) erklären. — Häufiger hat man denn auch die Nervenfaser in Verbindung mit dem centralen Endgebilde herangezogen.[2] Da aber kein einziger Beweis dafür erbracht ist, dass die gesuchten Unterschiede bereits in dem Leitungsnerven liegen, da vielmehr ziemlich sicher festgestellt ist, dass der Erregungsvorgang in allen Nervenfasern der gleiche ist,[3] dass ferner jeder centripetale

---

[1] Arndt, Art. Empfindung in Eulenburg's *Realencyclop.* S. 206.

[2] Joh. Müller, *Zur vergleichenden Physiol. des Gesichtssinnes.* S. 44. *Lehrb. der Physiol.*[4] II, 261; Mach in *Oesterr. Zeitschr. f. pract. Heilk.* 1873. S. 335; Blix in *Zeitschr. für Biol.* XX, 142; Hering in *Lotos N. F.* V, 115, IX, 21; *Sitzungsb. d. Wiener Acad.* 1889. I, 70. Theilweise auch Stumpf, *Tonps.* II, 107—111.

[3] Bernstein, *Die fünf Sinne.*[2] S. 103 und Fick, *Lehrb. der Anat. u. Phys. der Sinnesorgane.* S. 5. Wesshalb, wie Fick meint, jede Aussicht auf Erklärung der Energien unter diesen Umständen schwinde, ist nicht recht verständlich.

Digitized by Google

Nerv mit einem bestimmten Theile des Centralorganes in anatomisch gegebener und unveränderlicher Weise verknüpft wird, so wird man wohl oder übel die Unterschiede zunächst im Centrum, ebenda wo die Empfindung ihre materielle Unterlage hat, suchen müssen.

Ganz vortrefflich ist, was der alte Ernst Heinrich Weber[1] in dieser Rücksicht bemerkt. Einen Einfluss des Leitungsnerven lehnt er ganz energisch ab und fährt dann fort: „Von dem Baue der verschiedenen Hirntheile, zu welchen sich die verschiedenen Sinnesnerven begeben, hängt es unstreitig mit ab, dass die durch die Sinneseindrücke veranlassten Bewegungen entweder auf eine besondere Weise oder gar nicht von unserer Seele aufgefasst werden." Noch zuversichtlicher sprechen sich die Neueren aus. Seitdem es gelungen ist, bei Thieren Rindenpartien von verschiedener Function, so genau es durch das Messer sich ermöglichen lässt, zu umgrenzen, scheint der Schluss auf eine specifische Fähigkeit solcher Regionen die naheliegendste Hypothese zu sein. „Weil mit der Abtragung der Sehsphaeren alle Lichtempfindung für immer aufgehoben ist, müssen innerhalb der Sehsphaeren und dort allein alle centralen Elemente, wenn man will alle Ganglienzellen gelegen sein, mit deren Erregung die Lichtempfindung verknüpft ist." (Munk a. a. O. S. 281.) Obwohl das „müssen" vielleicht etwas allzu bestimmt klingt, kann doch jedenfalls zugegeben werden, dass die in dem Schlusssatze des Syllogismus enthaltene Aussage die bequemste Erklärung der Thatsache enthält. Allerdings ist die hierin verborgene Gleichsetzung von specifischer Energie und Wahrnehmungsmodalität keineswegs selbstverständlich. Es lässt sich wohl denken, dass bereits in dem Sinnesapparate die nervöse Erregung in ihrer Beschaffenheit fixirt und von den Rindenelementen nur reproducirt wird, d. h. dass sich peripherisches und centrales Nervenende in ihrer Function ähnlich verhalten wie Sprechvorrichtung an der einen, Hörvorrichtung an der anderen telephonischen Station.

Angenommen nun, die Ergebnisse der durch die Pathologie gestützten physiologischen Untersuchungen seien endgültig und der Sitz der specifischen Energien finde sich ausschliesslich in der Grosshirnrinde localisirt: inwiefern, wird man dann fragen, erleichtert der anatomische Befund die Annahme der anderen Wissenschaften? Augenscheinlich werden zu diesem Zwecke drei Thatbestände gefordert werden müssen: isolirter Verlauf der Nervenfasern vom Sinnesorgane zur entsprechenden Rindengegend, Besonderheiten in der Structur verschiedener Sphaeren, histologisch bestimmbare Grenzlinien zwischen den Sphaeren. Was den ersten Punkt betrifft, so kommt Golgi auf Grund seiner Forschungen zu dem Ergebnisse, „dass

[1] Weber in Wagner's *Hdb.* III, 2. S. 500 f., 506 f.

Digitized by Google

in den Centralorganen die Nervenfasern keinen unabhängigen und isolirten Verlauf beibehalten, sondern vielmehr die charakteristische Eigenschaft darbieten, dass sie eine Vielheit von Beziehungen zu Ganglienzellen zeigen".[1] „Man darf höchstens Gebiete vorwiegender und mehr direkter Ausbreitung annehmen, Gebiete also, mit welchen die von der Peripherie kommenden oder nach ihr gerichteten Nervenfasern einen innigeren oder direkteren Zusammenhang haben würden, als mit anderen unmittelbar benachbarten oder entfernteren Partien, welche zwar in Verbindung mit diesen selben Fasern stehen würden, aber in einer weniger direkten und innigen Weise". Gleichfalls negativ sind die neueren Untersuchungen über Besonderheiten in der Structur der einzelnen Bezirke ausgefallen; man fand die feinere Organisation aller Hauptwindungen unter sich identisch. Daher kann drittens von einer histologisch nachweisbaren Umgrenzung der Provinzen auf der Grosshirnoberfläche keine Rede sein. Nimmt man hinzu, dass eine gewisse Veränderlichkeit der Ganglienzellen besteht, wie sie oben zugegeben wurde und zur Erklärung der Verfeinerung von Sinneswahrnehmungen durch Uebung benöthigt wird, dass ferner die centrale Nervensubstanz activer Bewegungen fähig zu sein scheint,[2] so wird man Alles in Allem die anatomischen Resultate als ungünstig für die Hypothese der specifischen Energien bezeichnen müssen. Es ist jedenfalls nicht völlig sicher oder lückenlos nachgewiesen, dass die Unterschiede der Sinneswahrnehmungen unter sich lediglich auf einer Verschiedenheit centraler Elemente beruhen.

Deshalb ist es von Wichtigkeit, die Bedeutung der peripherischen Endapparate möglichst klar zu erkennen. Drei Vorstellungen hierüber sind denkbar. In dem Sinnesorgane werden verschiedene Endausbreitungen — man denke an die Retina-Mosaik und die Schneckenclaviatur! — gereizt, diese Erregungen werden fortgepflanzt und wiederholen sich, als Abklatsch jener ersten an der Peripherie, im Gehirne, wo entsprechende Endpunkte getroffen werden und unterschiedliche Empfindungen setzen. Eine zweite mögliche Anschauung ist durch Franz Boll[3] vertreten worden, welcher sagt: „Ich finde es einfacher, anzunehmen, dass die Qualität der Empfindungen sich schon in der Retina selber feststellt und dass die Seele ganz direkt an der Peripherie die verschiedenen Zustände der Sinnesnervenendigungen abliest, die dann nicht erst weiter nöthig haben, innerhalb des Centrums

---

[1] Golgi im *Anatom. Anzeiger*. V, 426. Vgl. 396, 423 f.. 427 f.

[2] Wiedersheim im *Anatom. Anzeiger*. V, 679. Die Beobachtung leidet freilich an Mängeln und bedarf dringend der Bestätigung.

[3] Boll in *diesem Arch.* 1877. S. 33 ff.

Digitized by Google

in einem besonderen Aufnahmeapparate registrirt und von diesem an die Seele zur Empfindung übermittelt zu werden." Was hieran richtig ist, wurde bereits früher von uns erwähnt; aber wie ein unmittelbares Bewusstwerden peripherischer Nervenprocesse denkbar sein soll, sagt Boll leider nicht. Ueber die weitere Entwickelung seiner Theorie, der zufolge die objectiven Veränderungen in den Endapparaten der Sinnesnerven identisch sein sollen mit dem Inhalte der durch sie erzeugten Empfindungen, gestatte man uns zu schweigen.[1] — Es bleibt eine dritte Vermuthung zu erwähnen, die indessen nur für den Hautsinn aufrecht erhalten werden könnte, so lange man das Vorhandensein besonderer Apparate für Druck, Temperatur und dergleichen in Abrede stellt. Sie zu prüfen, wird uns die Besprechung der Blix-Goldscheider'schen Punkte Gelegenheit bieten.

Im Allgemeinen angesehen scheint die Bedeutung der Sinnesorgane eine teleologische und zwar eine von den Reizen abhängige zu sein. Die Hauptgruppe der Reize hatten wir, wie erinnerlich, mittelbare genannt, weil sie zu ihrer Wirkung einer Umwandlung durch specifische, dem betr. Agens angepasste Hülfseinrichtungen am peripherischen Nervenende bedürfen; denn wenn am centralen Ende des N. acusticus ein Ton erklingt oder dem centralen Stumpfe des N. opticus eine Farbe vorgehalten wird, so setzt Beides keine Empfindung, ebenso wenig wie die in der Retina ausstrahlenden Opticusfasern durch Aetherschwingungen erregt werden. In der Umformung physikalischer Vorgänge zu Nervenreizen liegt also die Aufgabe der Sinnesorgane. Es entsprechen demnach den Unterschieden in den normalen äusseren Reizen die angepassten Unterschiede der Sinnesorgane, und den Differenzen innerhalb jeder Reizklasse die Differenzen innerhalb jeder entsprechenden Modalität, was selbst für den Geruchssinn von Ramsay und Haycraft erfolgreich nachgewiesen worden ist. Dieser zu Tage liegende Zusammenhang aber darf nicht unterschätzt werden, wie es von Seiten der subjectivistischen Zeichentheorie geschieht. Man darf nicht mit Joh. Müller alle Spielweite in die Hirncentren verlegen, denn alsdann wäre die wunderbar kunstvolle Anordnung der Sinnesapparate von dem naturwissenschaftlich-teleologischen Standpunkte aus ganz unverständlich. Nach der anderen Seite geht wieder Meynert[1] zu weit, wenn er

---

[1] Nicht ganz so unmöglich, aber für den nicht auf der Töpferscheibe des Materialismus abgedrehten Psychologen gleichfalls unannehmbar sind Wilhelm Müller's zwei „Leitungsstationen" in der Retina, von denen die eine mit den „Sehzellen", die andere mit den Bewegungs- u. „Denkzellen" in Verbindung stehen soll. S. *Ueber die Stammesentwickelung des Sehorgans der Wirbelthiere.* S. 52.

[2] Meynert, *Psychiatrie.* I, 126.

Digitized by Google

der Rindenzelle eine gleichmässige Empfindungsfähigkeit zuschreibt und die Differenzen in den anatomisch differenten Endorganen allein sucht.

4. Nunmehr naht sich der lange Weg, den wir haben zurücklegen müssen, seinem Ziel: wir gelangen jetzt zur Begriffsbestimmung der specifischen Energie.

Johannes Müller's wesentlich erkenntnisstheoretische Definition gipfelte darin, dass die Empfindung bezeichnet wurde als Leitung eines Zustandes unserer Nerven zum Bewusstsein, veranlasst durch eine äussere Ursache. Der richtige Kern hierin ist der: es besteht keine Uebereinstimmung zwischen dem Wesen einer Wahrnehmung und dem Wesen physikalischer Vorgänge. Vergessen wir übrigens nicht, dass auch der Erregungsprocess im Nerven und sogar in der Ganglienzelle der Grosshirnrinde vollständig unvergleichbar mit dem psychischen Effecte ist und ein unmittelbares Ursachverhältniss im strengen Sinne des Wortes zwischen den beiden Factoren nicht gedacht werden kann. Nun wird jedoch mit den Müller'schen Bestimmungen noch etwas anderes, mehr Physiologisches als Erkenntnisstheoretisches ausgedrückt, was ebenso rückhaltslos anzuerkennen wir nicht in der Lage sind. Als nämlich die Grundverschiedenheit von Wahrnehmung und molecularer Bewegung in der Sinnesphysiologie anerkannt war und die gleichmässige Folge (d. h. die Muskelzuckung) von anscheinend verschiedenartigen Einwirkungen auf den motorischen Nerven an den Tag trat, zog man die Folgerung, dass jeder beliebige Reiz als Vehikel der z. B. in der Sehsubstanz ruhenden Kraft müsse dienen können. So gelangte man zu der hyperidealistischen Forderung einer völligen Unabhängigkeit zuerst der Modalität, später gar der Qualität der Wahrnehmung von der Beschaffenheit des Reizes. Wollen wir diesem zweiten, anfechtbaren Hauptgedanken der herrschenden[1] Theorie eine möglichst dehnbare Fassung verleihen, so können wir sagen: Unter specifischer Energie versteht man die Eigenschaft eines nervösen Gebildes, in Folge einer ihm eigenthümlichen physischen Beschaffenheit auf einen beliebigen Reiz hin eine Wahrnehmung in ihrer Eigenthümlichkeit zu bestimmen. Wir wiederholen aber zusammenfassend: was an diesem Lehrsatze richtig ist, ist die Thatsache, dass ein bestimmtes Nervengebilde immer nur eine bestimmte Wahrnehmungsart liefert, was Wundt mit Unrecht bezweifelt; falsch dagegen scheint zu sein, erstens dass ein und derselbe Reiz diese verschiedenen Empfindungen hervorbringe, denn er ist eben nicht ein- und derselbe, und

[1] Exner in Hermann's *Hdb.* II, 2. S. 207; Goldscheider, *Die Lehre von d. specif. En.* S. 1 ff.; Blix in *Zeitschr. f. Biol.* XX, 141; Stumpf, *Tonps.* II, 106 u. 107 Anm.; Landois, *Lehrb. der Physiol.*[7] S. 862; Munk, *Functionen der Grosshirnrinde.*[2] S. 281.

Digitized by Google

zweitens, dass eine grössere Anzahl von Reizclassen (vor allem Sinnes- und elektrischer Reiz) ein und dieselbe Wahrnehmungsart erzeuge, denn das ist für die unmittelbaren Reize nicht erwiesen. Insbesondere fehlt der Beweis dafür, dass auch die Qualitäten innerhalb einer Modalität an getrennte Fasern und Ganglien gebunden seien, vielmehr ist es wahrscheinlich, dass sie, von dem besonderen Reize abhängig, durch eine Verschiedenheit der Nervenprocesse in den gleichen nervösen Elementen bedingt werden.

Somit treten an Stelle der zuletzt gegebenen Definition zwei einfache Thatbestände: einmal die Zusammengehörigkeit gewisser physikalischer Vorgänge mit gewissen Sinnesapparaten und zum anderen die specifische Function umgrenzbarer Hirntheile. Fassen wir diese Erkenntniss kurz zusammen, so erhalten wir folgendes Gesetz der specifischen Energien: Es kommt einem jeden Sinnesapparate eine specifische Erregung, jedem Grosshirnrindenbezirke eine specifische Function zu. Eine dürftige Ausbeute! Aber alles, was darüber hinausgeht, ist vom Uebel. So nützlich die Hypothese in ihrer älteren Fassung für den Fortschritt in sinnesphysiologischen Untersuchungen gewesen ist, so sicher steht es fest, dass sie jetzt vorsichtiger und vielleicht am besten in der gegebenen Form ausgesprochen werden muss.

In der gegebenen Formel sind freilich noch zwei Fragen enthalten, die der Beantwortung harren, nämlich: welche unterscheidbaren Grosshirnrindenbezirke sensorischer Natur und wieviel Sinnesapparate giebt es? Denn wenn die Wahrnehmungsmodalitäten durch die Beschaffenheit der Nervencentren bestimmt sind, so werden so viele Modalitäten existiren, wie es verschiedene Sphaeren auf der Rinde giebt, deren gesonderte Erregung möglich ist. Hierüber nun wissen wir, dass Sehen, Hören, Fühlen bestimmte Regionen beherrschen und Schmecken und Riechen gleichfalls gewissermaassen „localisirt" sind. Ueber etwaige Abtheilungen für Temperatur- und Schmerzwahrnehmungen sowie für Wollust, Schauer und dgl. ist bisher nichts bekannt, und von eigenen Untersuchungen hierzu kann erst an einer späteren Stelle berichtet werden.

Die entsprechende Unsicherheit besteht für die peripherischen Endapparate der letztgenannten Wahrnehmungsarten. Sie sind auf der Haut nicht in anatomisch greifbarer Weise von einander geschieden, so dass die Versuchung nahe liegt, sie einem einzigen überall in der Haut verbreiteten Organe oder den sog. „einfach sensiblen" Nerven aufzubürden. Hiergegen hat man jedoch schon frühzeitig auf Grund einer seelischen Thatsache Einspruch erhoben. Diese seelische Thatsache ist die Erfahrung der subjectiven Grundverschiedenheit gewisser Wahrnehmungsclassen, so der Druck- und der Temperaturempfindungen. Man beachte, wie an diesem Punkte mit den physiologischen Daten ein Befund der Selbstbeobachtung sich verwebt.

Digitized by Google

Weil im Gebiete des Hautsinnes der Schluss von besonderen Organen auf besondere Wahrnehmungen nicht gezogen werden kann, schliesst man umgekehrt von den besonderen Wahrnehmungen auf besondere Organe. Wonach beurtheilt aber die innere Erfahrung die Besonderheit einer Wahrnehmung?[1] Danach, dass jeder Uebergang von ihr zu einer anderen Modalität unmöglich, jedes Aehnlichkeitsverhältniss ausgeschlossen erscheint; nicht etwa nach dem Gesichtspunkte eines in Worte zu fassenden Unterschiedes, da ja die Seele über die hierfür erforderlichen negativen Vorstellungen nicht verfügt.[2] Indessen ruht dieses Urtheil keineswegs auf festen Grundlagen. Die Fülle der Mitempfindungen und namentlich der secundären Sinnesvorstellungen zeigt überraschend enge Zusammenhänge zwischen den Wahrnehmungskreisen, und aus Münsterberg's Untersuchungen wissen wir, dass in der That eine Vergleichbarkeit von Empfindungen verschiedener Modalitäten möglich und die Frage, ob eine abgetastete Entfernung dieser oder jener Lichtstärke mehr entspreche, nicht ganz und gar unsinnig ist. Wichtiger als alles das ist schliesslich der Umstand, dass auch diejenigen Empfindungen, die man unter physiologischem Gesichtspunkte als „specifische" zu bezeichnen sich scheut, im Lichte psychologischer Auffassung sicherlich „specifische Empfindungen" sind. So Kitzel, Schauer, Wollust, Hunger, Durst u. s. w.

Es giebt nun zu guter letzt noch ein Mittel, durch das die Wissenschaft den Umkreis der specifischen Sinnesorgane, bezw. Rindenbezirke abgesteckt hat, natürlich wiederum in Verquickung mit allen möglichen abseitsliegenden Theorien. Ich meine die „Objectivirung" der Wahrnehmungen. Wirkliche Sinnesempfindungen, so sagt man, sind diejenigen, die objectivirt werden, und bloss auf sie ist das Gesetz der specifischen Energien anzuwenden. Diesen Satz und vornehmlich den Begriff der Objectivirung zu zergliedern, ist die Aufgabe des folgenden Abschnittes.

III. Die „Objectivirung" von Wahrnehmungen.

A. Excentrische Projection.

1. Die Thatsache, dass Empfindungen nicht als Thätigkeit des Gehirnes, des Centrums, sondern in gewissen Fällen als Vorgänge in den übrigen Körpertheilen aufgefasst und somit

[1] Meissner in *Zeitschr. für ration. Med.* IV, 264; Helmholtz, *Thats. in der Wahrn.* S. 8; Funke in Hermann's *Hdb.* III, 2. S. 293 ff.; Valentin, *Lehrb. der Physiol.*[3] S. 4207.

[2] Mit den hierin angedeuteten Ueberlegungen scheinen mir Meissner's Ausführungen widerlegt.

Digitized by Google

aus ihrem eigentlichen „Sitze" heraus projicirt werden, bezeichnet man als die excentrische Projection.[1] Sie ist nicht, wie die Erholungsphilosophie mancher Naturforscher lehrt, etwas Ungewöhnliches, Seltsames, Unbegreifliches, vielmehr das Primitive und Natürliche. Aber sie umspannt nur einen Theil des Wahrnehmungsgebietes. Während gewisse Wahrnehmungen in die Objecte der Aussenwelt als deren Eigenschaften verlegt (externalisirt) werden, projiciren wir andere, so namentlich die elementaren Wahrnehmungen des Hautsinnes in die peripherischen Endorgane der Nerven, an diejenige Stelle, wo die erregende Ursache einwirkt. Diese Stelle kann natürlich sowohl an der Oberfläche wie im Inneren des Leibes gelegen sein, in Fällen Amputirter auch an Punkten, die garnicht mehr existiren.

Der Unterschied zwischen Externalisation und excentrischer Projection ist theoretisch kein specifischer, denn in beiden Fällen findet eine Verlegung ex centro statt und zwar einerseits in den Raumtheil welchen unser Körper ausfüllt, andererseits in die übrige Raumwelt. Aber für die thatsächliche Beurtheilung ist diese Differenz von entscheidender Bedeutung. Um es zunächst ganz populär auszudrücken: wenn ich die Farben eines Gemäldes beschaue, denke ich kaum je daran, dass ich das Roth, Grün, Blau u. s. w. empfinde, ich habe vielmehr das Bewusstsein: da draussen sind diese oder jene Farben. Bei einer Berührung oder Wärmereizung dagegen fühle ich mich sofort betheiligt. Wenn eine Stecknadel mir in die Hand gestochen wird, so schreibe ich den Schmerz mir zu und zwar dort, wo der Reiz einwirkte; sehe ich die Nadel an, so lege ich ihr die Attribute der Form und Farbe bei. Für die Erklärung hat man daran gedacht, dass viele bloss projicirte Wahrnehmungen den Charakter des Seltenen und Ungewöhnlichen tragen, wohingegen die externalisirten Wahrnehmungen einer regelmässigen Thätigkeit bestimmter Sinneswerkzeuge ihr Dasein verdanken. Daraus würde sich indessen höchstens die verschieden grosse Genauigkeit der Localisation ableiten lassen und überdies eine Menge von Widersprüchen entstehen, z. B. der Umstand, dass die excentrisch projicirten Berührungsempfindungen sehr genau, die externalisirte Wahrnehmung eines Donnerschlages sehr ungenau localisirt werden.

Auf die richtige Art der Erklärung werden wir durch gewissenhafte Selbstbeobachtung und namentlich durch dynamometrische Untersuchungen

---

[1] Bernstein, *Die fünf Sinne.*[2] S. 9 u. S. 20 f.; Fischer, *Theorie der Gesichtswahrn.* S. 101 u. 104; Riehl, *Phil. Krit.* II, 1. S. 197. Durch Riehl's Berufung auf zweierlei Innervationsgefühle finde ich das „Gesetz" nicht „erläutert". Sehr lehrreich und von intimem Reize sind die tiefgründigen Analysen Souriau's in *Rev. phil.* XVI, 58 ff. Vgl. auch Bonatelli *Ebenda.* XVII, 172.

Digitized by Google

geleitet. Lässt man beispielsweise im Augenblicke einer Farbenempfindung das Instrument pressen und ein andermal im Momente einer Berührungsempfindung, so erhält man zwei Zahlen, von denen die zweite im Mittel 27·3 Procent grösser ist, als die erste. (Nach Beobachtungen an Hrn. Moll.) Auf mich selbst habe ich im Dunkelzimmer plötzliche Farbeneindrücke, Gehörs- und Druckreize einwirken lassen und folgende Durchschnittszahlen für die rechte Hand gewonnen.

Person	Datum	Reiz	Arith. M.	M. Var.	Anzahl der Vers.
M. D.	27./IX. 1891	Rothe Scheibe	30	2	5
		Händedruck links	49	3	5
	8./X. 1891	Stimmgabel	25	1	5
		Händedruck links	47	2·5	5

Nach der genaueren, früher (S. 191) besprochenen dynamometrischen Methode gewann ich für f_0 den Mittelwerth + 0·05, bei dem Versuche mit der rothen Scheibe, deren Reizstärke jedoch nicht bestimmt war, für f_1, das also nicht den in der Theorie vorausgesetzten genauen Deutungswerth besitzt, — 0·03, beim Stimmgabelversuch — 0·01, beim Händedruck — 0·17. Mehr und sorgsamere Versuche anzustellen hinderten mich ungünstige äussere Umstände. Immerhin scheint sich schon aus den vorliegenden zu ergeben, dass die innigere Antheilnahme unseres Ich an vielen Wahrnehmungen des Hautsinnes auf der bei ihnen statthabenden stärkeren Allgemeinerregung des Muskeltonus beruht. Es werden demnach Empfindungen dann externalisirt, wann sie von einer geringen oder örtlich beschränkten Summe von Muskelarbeit begleitet sind; dann excentrisch projicirt, wann sie in höherem Maasse oder auf weite Strecken hin die Muskelkraft verstärken oder wenn man lieber will, durch diese verstärkt werden. Es liegt auf der Hand, dass im ersten Falle die durch Muskelcontraction und die übrigen anschliessenden Veränderungen geschaffenen Empfindungen erstens sehr schwach, zweitens weniger mit dem Gefühl einer Allgemeinthätigkeit des Organismus verbunden sind. Das Bewusstsein der Selbstbetheiligung an dem Vorgange wird also zurücktreten müssen gegenüber dem im anderen Falle vorhandenen Bewusstsein, wo der ganze Körper zu einer merkbaren Leistung veranlasst worden ist. Die Selbstbeobachtung scheint mir dieses Ergebniss zu bestätigen.

Im Anschluss hieran lassen sich bereits zwei der Gründe entwickeln, welche die Umtaufung der „Objectivirung“ zur „Externalisation“ rechtfertigen sollen. Der erste Grund ist der, dass der Begriff der Externali-

Digitized by Google

sation klarer und weniger umfassend ist. Gewöhnlich freilich denken wir ja das, was unabhängig von uns zu sein scheint, auch als ausser uns, die Objecte auch als externalisirt. Aber bei aller Anerkennung der Macht dieser gewohnheitsmässigen Association muss doch darauf hingewiesen werden, dass ein System nichtveräusserlichter Kenntnisse, so zu sagen eine Welt ohne Aussenraum, denkbar bleibt. Man kann sich eine Welt vorstellen, die objectiv wäre, ohne ausser uns zu liegen, und man findet sie bei gewissen Geisteskranken, die fremde Menschen in dem eigenen Körper vorhanden wähnen, zum Theil verwirklicht. Zweitens nun fliessen Objectives und Subjectives nicht selten in einander über. Und zwar wird manchmal Subjectives fälschlich für Objectives gehalten, so wenn wir uns die Gefühle und Gedanken Anderer vergegenwärtigen; in dem Falle beispielsweise, wo Jemand das Wort an uns richtet, nehmen wir nicht nur seine Stimme, seine Mienen und Bewegungen objectiv wahr, sondern ebenso auch seine Gedanken, die wir unweigerlich ihm, nicht uns zuschreiben. Umgekehrt verwandeln sich manchmal objective Vorgänge in subjective Erlebnisse. In jenen Augenblicken, von denen man nicht sagen kann, ob sie dem seligen Selbstgenusse der Gottheit oder dem träumerischen Hindämmern der Pflanzenseele gleichen, nimmt man die Eindrücke der Aussenwelt als eigenste Erfahrung in sich auf: das Blau des Himmels, das Murmeln der Quelle, der Duft der Blumen erscheinen dem in Weltvergessenheit Versunkenen als sein Eigenthum — das Aussen versinkt in das Innen.

2. So viel hier von dem Wesen und den Grenzen der Externalisation. Die reine Externalisation hatten wir zu Anfang dieses Kapitels der reinen Projection gegenübergestellt. Nun steht aber zwischen jener und dieser ein Mittelding, das wir hyperexcentrische Projection nennen wollen.[1] Das Musterbeispiel für sie ist Weber's Stäbchenversuch. „Wenn wir ein Stäbchen gegen die Tischplatte stemmen, so haben wir sowohl an seinem oberen Ende, dort wo die Finger es halten, eine Empfindung, als auch an dem unteren Ende, dort wo das Stäbchen auf die Platte aufstösst." Gleichsam zwei Empfindungen an zwei durch die Länge des Stabes getrennten Orten. Wir haben es also hier mit einer Art Verlängerung der excentrischen Projection, nicht etwa mit einer Externalisirung von scheinbar unempfundenen Eigenschaften oder Vorgängen oder gar Gegenständen zu thun. Wenn wir an einer verschlossenen Gatterthür rütteln, glauben wir in einer einzigen Wahrnehmung die bewegten Mitteltheile und die beiden

[1] Weber in Wagner's *Hdwb.* III, 2. S. 483 ff.; Lotze, *Med. Psych.* S. 428 ff.; Boehmer, *Die Sinneswahrn.* S. 283; Fick, *Lehrb. der Anat. und Phys. der Sinnesorgane.* S. 47 ff.; Lipps, *Grundthatsachen des Seelenlebens.* S. 382; James, *Princ. of Psych.* II, 38; Seydel in *Vierteljahrsschr. f. wiss. Phil.* XV, 20.

Digitized by Google

festen Endtheile zu empfinden; „selbst wenn man einen gespannten Faden aus seiner Gleichgewichtslage entfernt, fühlt man nicht nur, dass er an zwei Orten fixirt ist, sondern man hat auch eine fast unmittelbare Wahrnehmung von der Länge des Fadens, man vermag selbst zu beurtheilen, ob man ihn in der Mitte oder nahe an einem Endpunkte berührt hat.[1]

Diese Beobachtung kann durch einfache Wandlungen zu einem lehrreichen Versuche umgestaltet werden. Befestigt man das Stäbchen unbeweglich an den Tisch, so fällt die Empfindung an seinem unteren Ende, befestigt man es unbeweglich an den Finger, die Empfindung am oberen Ende fort. Solche Veränderungen treten gelegentlich auch von selbst ein: der am Griffe fest umschlossene Spazierstock vermittelt hauptsächlich die Wahrnehmung des Pflasters, bleibt er aber zwischen zwei Steinen stecken, so fühlen wir bloss den Druck in der Hand und nichts von der Beschaffenheit der Fuge. Während gesunde Zähne nur an dem freien Ende der Krone Wahrnehmungen vermitteln, rufen wacklige Zähne sowohl hier wie in der Zelle selbst bei jedem Biss eine Wahrnehmung hervor. Erweitern wir den Stäbchenversuch noch mehr, indem wir mit dem oberen Ende des Stäbchens einen Kreis beschreiben, so fühlen wir ausser der Drehung auch die kleinen Excursionen, das seitliche Abheben und Aufsetzen des unteren Endes. Hieraus leitete Weber eine Erklärung der hyperexcentrischen Projection ab. Da das Stäbchen in allen hinter einander von ihm eingenommenen Lagen in gewissen Richtungen Widerstand leiste, so urtheilen wir nach Weber, dass am Vereinigungspunkte dieser Richtungen ein Widerstand leistender Körper befindlich sein müsse, der, weil er unbeweglich ist, von dem beweglichen Stäbchen unterschieden wird. Die Fadenscheinigkeit der Beweisführung ist ersichtlich: sie schiebt das, was zur Erklärung aussteht, fix und fertig in den Vordersatz hinein, um es dann aus dem Nachsatze wieder hervorholen zu können. Denn bei jeder einzelnen Lage, die das Stäbchen während der Rotation einnimmt, findet sich ja die Erscheinung der doppelten Empfindung, und der Umstand, dass die entferntere Empfindung immer an ungefähr derselben Stelle bleibt, ist ein nebensächlicher.

Mit grösserer Wahrscheinlichkeit wird die Erklärung auf den Grundsatz zurückgreifen, dass wir an den meisten Bewegungserscheinungen nur ihren Ansatz, nicht den Verlauf wahrnehmen. Das Sinnesurtheil über die bei einem Drucke auf die Haut vor sich gehenden Veränderungen in der Haut selbst, den Nervenendapparaten, den Leitungsfasern und dem Centralorgane, bezieht sich lediglich auf den Anfang der Molecularverschiebungen. Liegt dieser Anfang nun ausserhalb der Haut, so ändert das offenbar nichts

[1] Lotze, a. a. O. S. 432.

Digitized by Google

an dem Sachverhalte. Die Schwingungen beginnen jetzt am unteren Ende des Stäbchens und pflanzen sich durch Stäbchen, Haut, Endapparate, Faser bis zum Hirne fort; wird nun in solchem Falle auch bloss der erste Anstoss der Vibrationen aufgefasst, so ist die Empfindung gewissermaassen jenseits des eigenen Körpers localisirt. Daher verblassen die Empfindungen am Stäbchen um so mehr, je weniger elastisch es ist, und die übrigen erwähnten Beobachtungen beziehen sich lediglich auf gut schwingungsleitende Körper. Bei der gerüttelten Gatterthür wird die Vorstellung eines Widerstandes auf diejenigen Punkte bezogen, in denen die durch die Lageveränderung entstehenden Linien zusammenstossen, also auf die zwei Punkte, durch welche die Schwingung des bewegten Objectes mitbestimmt wird.

B. Entstehung der Externalisation.

1. Eine ziemlich verbreitete Ansicht[1] nimmt an, dass der Neugeborene bei dem ersten Gebrauche der Sinne alle Eindrücke nur als eine Veränderung seines eigenen Empfindungszustandes auffasse und erst allmählich durch Vergleichung und Auslegung gewisse Wahrnehmungen als Gegenstände oder Eigenschaften von Gegenständen deuten lerne. (Vgl. Weber a. a. O. S. 562.) Ob hierbei eine von vornherein gegebene Anlage oder die langsam sich entwickelnde Beziehung gleichzeitiger Gesichts- und Tastempfindungen auf ein und dieselbe Ursache die Hauptrolle spiele, bleibt alsdann dem Belieben des Beurtheilers überlassen. Die Nativisten glauben ohne ursprüngliche Elemente auch hier nicht auskommen zu können, während die Empiristen jedes Ursprüngliche ablehnen.

Nach einer anderen Anschauung,[2] der wir uns anschliessen zu müssen glauben, ist das Nachaussensetzen das Primitive und die Beschränkung auf ein Ich das Abgeleitete. Ebenso wie die sprachlichen Ausdrücke für seelische Erscheinungen der Körperwelt entnommen sind, entsteht das Bewusstsein des Empfindungsactes aus der Thatsache eines Empfindungsinhaltes. Auge und Ohr richten sich erst nach aussen, dann nach innen. Solange Fremdwelt und Eigenkörper in einander fliessen, gehört dieser jener an; aus dem Ganzen heben sich nacheinander die unbe-

---

[1] u. [2] Cabanis, *Rapport du physique et du moral.* Ed. Peisse, Paris 1843. S. 114 ff.; Dilthey, Realität der Aussenwelt. *Sitzungsber. der Berl. Acad.* 31. Juli 1890. S. 996 u. 1011; Hoeffding, *Psychol.* S. 2—7; James, *Princ. of Psychol.* II, 32; Kussmaul, *Unters. über das Seelenleben des neugeborenen Menschen.* S. 35; Max Müller, *Vortr. über die Wissenschaft der Sprache.* II, 320; Pikler, *The psychol. of belief in objective existence.* I, 50 ff.; Preyer in Pflüger's *Arch.* XL, 587; Riehl, *Philos. Kriticismus.* II, 1. S. 195. Uphues, *Wahrnehmung u. Empfindung.* S. 51—61.

Digitized by Google

einflussbaren Dinge, die beweglichen Glieder, der Zwang von aussen und der Widerstand von innen ab. Es ist kein Zufall, dass Licht- und Berührungsreize sofort nach der Geburt percipirt werden.

2. Ich habe während des Winters 1888/89 Gelegenheit gehabt, ein Kind in seinen ersten vier Monaten fast täglich zu beobachten. Seitdem unterliegt es für mich keinem Zweifel mehr, dass im Beginne des extrauterinen Daseins die Vorstellungen nicht als subjective Modificationen der Sinnlichkeit auftreten, und es erscheint mir glaubhaft, dass auch zur Zeit der intrauterinen Existenz die Wahrnehmungen der gehemmten Bewegung objectivirt werden. Wer je gesehen hat, wie das kleine Kind dem Fusse Nahrung anbietet, sich selber in den Arm beisst, die Bettkanten als Schmerzerzeuger und Schmerzträger schlägt, der kann kaum noch an eine Entwickelung von innen nach aussen glauben. Sogar das ureigenste Gefühl des Schmerzes gilt vor der Hand als etwas Räumliches: es sitzt dort unten an der Zehe, es wüthet in der mittleren Bauchgegend oder es quält die Ohren. Der werdende Mensch verlegt nicht weniger den Schmerz in den Leib, als er den Leib in den Schmerz localisirt. Und davon, dass er einer speculativen Physiologie zu Liebe die Objecte für Zustände seines Nervenapparates halte, kann gar keine Rede sein. Denn die räumlich aufgefassten Sinnesinhalte treten sehr spät (nach meiner Beobachtung gegen Ende des dritten Monats) in ein Verhältniss zu den Sinnesorganen, welche letzteren dann in das vorhandene Weltbild eingeordnet werden. Allgemach dämmert schliesslich die Erkenntniss auf, dass das Bewusstsein in den Kopf hinein gehört.[1]

Es fragt sich noch, in welchem Sinne bei diesem Werdegang zunächst Alles veräusserlicht, dann dieses und jenes verinnerlicht ist. Eine dreifache Auslegung ist denkbar.[2] Man kann behaupten — und man hat es wirklich gethan, — dass das subjective Bild mit dem objectiven Gegenstande verwechselt werde. Als ob das Kind den Regenbogen, nach dem es greift, für seine Freude, der Affe sein Stichgefühl für die Laus und die Laus für sein Stichgefühl halte! Nicht minder verkehrt nimmt sich die Annahme einer Gleichheit von Wahrnehmungen und Dingeigenschaften aus. Versteht man hierunter, dass z. B. die Farbe einem Objecte als zweites Object anhafte, so gilt das eben Gesagte; meint man die Identität von Eigenschaft als solcher und Empfindung, so lässt man sich durch den sprachlichen Ausdruck zu der unsinnigen und nicht existirenden Vorstellung

[1] Stricker, Untersuchungen über das Ortsbewusstsein. *Sitzungsbericht der Wiener Acad.* 1877. LXXV, 287–290.

[2] R. Seydel, *Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philos.* XV, 1. S. 3 ff. S. Hansen, *Ebenda.* S. 53. 1891.

Digitized by Google

verführen, dass die Farbe sich selber percipire. Es bleibt die dritte Auslegung: die Dinge haben Eigenschaften, die wir in Empfindungen erkennen. Diese Auffassung entspricht nicht nur dem Urtheile des natürlichen Menschen, sondern geniesst auch in der Wissenschaft ein berechtigtes Ansehen. Aber sie bedarf von unserem Standpunkte keiner besonderen Würdigung.

3. Nach der vornehmlich von Zeller und Helmholtz ausgebildeten Theorie besitzt der Mensch a priori die Causalitätskategorie und sieht sich durch sie genöthigt, die Empfindungen als Wirkungen aufzufassen, auf Ursachen zu beziehen und als solche Ursachen äussere Objecte anzunehmen. Hiergegen ist einzuwenden, dass eine blosse „Beziehung" niemals im Stande sein kann, Bewusstseinszustände in räumliche Phaenomene umzuwandeln. Auch Erinnerungsbilder ruhen auf causaler Unterlage und werden trotzdem nicht externalisirt, alles Beziehen ist fruchtlos, so lange der objective Reiz fehlt.[1] Des Ferneren bleibt unerklärlich, wie aus der erschlossenen Realität einzelner Dinge die Vorstellung einer Aussenwelt überhaupt gewonnen werden kann. Endlich würde ein derartiger fictiver Logismus unserem Glauben an körperliche Objecte nur den Werth einer Hypothese belassen. Es entspricht aber nicht dem Zwangscharakter der Externalisation, wenn wir lediglich durch Unterordnung unter den Begriff der Ursache ein Aussen im Denken construirten. Daher haben Bain und Dilthey den Versuch gemacht, in den Erfahrungen der Krafthemmung und des Widerstandes gegen Bewegungen den Ursprung einer nothwendigen, unmittelbaren und eindeutigen Conception des Aussen nachzuweisen. Da dieser Versuch jedoch bloss unter der unbeweisbaren Voraussetzung der Gleichheit von Willen und Leben Gültigkeit besitzt, so kann er als ausreichend nicht angesehen werden.

Wir kommen daher auch auf dem Umwege der Kritik zu der vorgetragenen Lehre zurück, der zufolge das Aussen von Anfang an gegeben ist. Es wird weder durch causales Denken noch durch Triebgefühle erworben, sondern es ist da, noch ehe das Kind das Licht der Aussenwelt erblickt. Später gestaltet es sich zu einem Correlatbegriff des Innen, indem es zu einer bestimmten psychischen Qualität gewisser Vorstellungen wird. Was jedoch erklärt werden muss, ist die Entstehung der Subjectivität. Den ersten Schritt in ihrer Entwickelung bedeutet die Unterscheidung der unbeeinflussbaren Objecte von den eigenen Gliedern, deren Bewegungen jedem Impulse den erwarteten Gehorsam leisten. Einen eingeschlafenen Arm hält man so lange für etwas Fremdes, bis man sich von seiner Bewegungsfähigkeit überzeugt hat; beim Erwachen aus der Narcose gewinnt

[1] Fischer, *Theorie der Gesichtswahrnehmung.* S. 47, 51, 189; Aubert, *Physiologie der Netzhaut.* S. 9, spricht sogar von einer „Combination unserer Empfindungen mit der reinen Vorstellung vom Raume!"

Digitized by Google

man sich selbst gleichzeitig mit der ersten Willkürbewegung wieder. Das zweite Stadium beginnt mit dem Bewusstsein, durch Willensanstrengung Erinnerungsbilder wachrufen zu können, was bei dem Kinde etwa im dritten Lebensjahre der Fall ist, und von da ab geht es schnellen Schrittes vorwärts.

C. Thatsachen der Externalisation.

1. Gleichviel nun, wie es sich mit der Entstehung der Externalisation verhalten möge, ob sie primär oder secundär ist, auf der causalen Beziehung reproducirbarer und associirbarer Vorstellungen oder auf dem kernhaften Triebleben sich gründet, — jedenfalls ist an ihrer Geltung für einen weiten Bereich der Erfahrung[1] nicht zu zweifeln. Der Umkreis dieses Bereiches lässt sich ohne grosse Schwierigkeit abstecken, sobald man an dem Begriffe „Externalisation" mit aller Schärfe festhält. Ich habe absichtlich diesen Ausdruck an Stelle der gebräuchlichen „Objectivirung" gewählt, weil es sich nicht um den Gegensatz von objectiv und subjectiv, sondern um den davon unterschiedenen Gegensatz zwischen aussen und innen handelt. Dazu kommt, dass die Bezeichnung passend für einen ähnlichen Vorgang in der Zeit gewählt werden muss. Denn wenn ich an Vergangenes zurückdenke (oder Künftiges vorausnehme), so externalisire ich dies gewissermaassen aus meinem gegenwärtigen Ich heraus. Gegenwart und Vergangenheit verhalten sich zu einander wie innen und aussen. Da man nun auf dem zeitlichen Gebiete sicherlich nicht von der Vergangenheit als von der Objectivirung sprechen kann, so empfiehlt sich auch aus diesem Grunde ein neuer Terminus. Im Uebrigen erfährt die erwähnte Analogie eine Einschränkung dadurch, dass die Raumanschauung eine continuirliche, die Zeitanschauung eine discontinuirliche Vorstellung ist, das heisst dass wir von demselben Standort aus uns zwar jeden Punkt im Raume als einen Endpunkt und als zusammenfallend mit einem Anfangspunkte denken können, aber einen zeitlichen Endpunkt in der Zukunft niemals als identisch mit einem Anfangspunkt in der Vergangenheit.

Dass zwischen Externalisation und excentrischer Projection sorgsam unterschieden werden muss, haben wir bereits gesehen. Die von mir wahrgenommene Farbe meiner Hand wird externalisirt, eine Berührung an ihr excentrisch projicirt. Aber ob ich das Wahrgenommene einer Thätigkeit

---

[1] Funke in Hermann's *Hdb.* III, 2. S. 300 f.; Goldscheider, *Die Lehre von der specifischen Energie.* S. 36; Henry, *Rapporteur esthétique.* Paris 1888. S. 9; Hoeffding in Fichte's *Zeitschr.* XCIV, 277; Meissner in *Zeitschr. für rationelle Med.* IV, 266; Münsterberg, *Beiträge zur exp. Psychol.* Heft 2; Preyer in Pflüger's *Arch.* XL, 611.

Digitized by Google

in der Aussenwelt oder in dem Eigenkörper zuschreibe, das kann in einigen Fällen zweifelhaft und der Erörterung werth zu sein scheinen. Die allein entscheidende, die experimentelle Untersuchung darf jedoch nicht so geführt werden, dass sie nur die äusseren Reize regelt und die inneren den zufälligen organischen Veränderungen oder den uncontrolirbaren seelischen Einflüssen überlässt. Denn sie würde Gefahr laufen, eine infolge gespannter Aufmerksamkeit eintretende Sinnestäuschung gleich zu setzen mit einer etwa durch Blutüberfüllung veranlassten Realempfindung. Es genügt also nicht, wenn man beispielsweise folgendermaassen verfährt. In einem Dunkelzimmer erscheinen an bestimmter Stelle in unregelmässigen Zeitabständen ebenmerkliche, gleichbleibende Lichtreize; die Versuchsperson hat anzugeben, wann sie etwas zu sehen glaubt und das Gesehene für die Wirkung eines objectiven Reizes oder für rein subjectiv hält. Sondern man müsste planmässig zwischen objectiven und subjectiven Reizen abwechseln. Das ist aber, soweit ich urtheilen kann, technisch nicht gut möglich, und daher muss die aufgeworfene Frage in ihrer genauen Fassung fürs erste unbeantwortet bleiben.

2. Das Sinnesurtheil über eine externalisirte Empfindung wird bei Licht und Farben in der Weise gefällt, dass man denkt: der Gegenstand ist hell oder ist roth. Diese Bezeichnung ist der einfachste Ausdruck für die Thatsache, dass der betreffende Gegenstand mit derjenigen Beschaffenheit ausgestattet ist, welche die Strahlen zurückgeworfen werden lässt, die bei dem normalen Menschen die Empfindung „roth" hervorrufen. Bei Geruchs- und Geschmackswahrnehmungen giebt es nur die Projection in Nase und Mund. Von Tönen glaubt man nicht, sie seien „Dinge" draussen, aber doch, sie schlügen als aussen befindliche Wirkungen von Objecten an unser Ohr: wir sagen nicht „dort ist ein Ton", sondern „der Ton kommt von dort". Wiederum bleibt es gleichgültig, ob dies „dort" die Fremdwelt oder, wie beim Tauchen unter Wasser, bei gefüllten äusseren Gehörgängen, bei Kopfknochenleitung und so fort, der Eigenkörper ist. Die Ampullennerven vermitteln lediglich ein Raum- und Richtungsgefühl.

3. Was die Temperaturwahrnehmungen betrifft, so kann man über ihre Einordnung im Ungewissen sein. Die Sprachverführung legt eine Identification des Wärmegefühls mit der Ofenwärme, noch mehr mit der Körperwärme nahe. Zumal da wir Wärme und Kälte messen können, sind wir geneigt, sie den Farben gleich zu behandeln. Indessen, schon die naivste Auffassung bemerkt, dass Temperaturen uns nicht näher über die besondere und bleibende Beschaffenheit eines Objectes belehren; die Wärme einer gekochten Kartoffel und eines erhitzten Löffels verschafft dieselbe, die gleiche Kartoffel nach einer halben Stunde eine verschiedene Temperaturwahrnehmung.

Digitized by Google

Von der Berührungsempfindung hat Meissner mit besonderem Nachdrucke behauptet, dass sie einen zwingenden Grund für die Seele in sich trage, die Vorstellung eines äusseren Objectes zu bilden.[1] Die Selbstbeobachtung scheint mir jedoch gerade das Gegentheil auszusagen. Dazu kommt, dass wir zwar von einem Dinge glauben, es sei roth, warm, mache Geräusch, rieche stark und schmecke süss, aber niemals, es sei „berührend", um ein thatsächlich gar nicht vorhandenes Wort zu bilden. Erst die Combinationen von mehreren Tast- und Bewegungsempfindungen wie „rauh" „glatt", „stumpf" werden einem Gegenstande als Eigenschaft beigelegt. Verbindet sich andererseits der Druck mit einem Widerstande gegen Bewegungen, so kann eine Art Externalisation eintreten, ohne welche Willenshemmung jedoch die Tastempfindung uns absolut nichts liefert als sich selbst d. h. ein rein subjectives Erlebniss. (Seydel, a. a. O. S. 14.) Der Muskelsinn[2] im allgemeinen wird von dem beherrschenden Bewusstsein der Eigenthätigkeit getragen und nur im Gebiete der Kraftwahrnehmungen unabweislich auf schwere Körper bezogen.

Besondere Beachtung verdient die Externalisation in dem Falle der Berührung zweier Körpertheile derselben Person.[3] Sind die Theile gleich temperirt, so soll nach Weber und Funke dasjenige Glied „objectivirt" werden, das sich bewegt. Der Versuch lehrt jedoch, dass diese Behauptung nicht völlig zutrifft. Fahre ich mit der Innenfläche des linken Daumens über den gekrümmten Rücken oder auch über den Teller der rechten Hand, so nehme ich ausnahmslos die rechte Hand als Object wahr; streiche ich dagegen mit der Dorsalseite jenes convex gebogenen Daumens über die möglichst eben gelagerte Handvola, so tritt die Figur des Daumens in den Vordergrund des Bewusstseins. Welche Hand sich bewegt, ist gleichgültig, die Externalisation hängt von der ebenen oder gekrümmten Beschaffenheit der Oberfläche ab. Sind die Körpertheile ungleich temperirt, so wird der am meisten von der Körperwärme abweichende durch die Beurtheilung hervorgehoben, aber nur in Bezug auf seine Temperatur. So kommt die folgende merkwürdige Erfahrung zu Stande. Erwärmt man durch Zusammenpressen die Innenfläche einer Hand über die Norm und legt sie auf die Stirn, so empfindet man einerseits dort die Wärme, andererseits aber die Formen der Stirn. Eine Vermischung zwischen der Kühle der Stirn und der Wärme der Hand tritt niemals ein und erst der angestrengtesten Aufmerksamkeit gelingt es, hie und da etwas von der Kälte zu er-

---

[1] Hiergegen I. Rosenthal, De energiis nervorum specificis. *Berl. Diss.* 1859. Seite 27.

[2] E. Leyden, *Ueber die Sinneswahrnehmungen.* S. 6 f. 1868.

[3] Weber in Wagner's *Hdwb.* III, 2. S. 302.

Digitized by Google

haschen. In allen anderen Beziehungen erweist sich die Richtung der Aufmerksamkeit als einflusslos.

4. Die sog. Gemeingefühle werden wir an anderer Stelle so ausführlich besprechen, dass hier eine kurze Andeutung über ihr Verhältniss zur Externalisation genügen dürfte. Bis zum Ueberdrusse liest man: die Gemeingefühle „werden lediglich als veränderte Zustände des Bewusstseins aufgefasst" (Funke S. 301), niemals „objectivirt" d. h. auf eine Ursache in der Aussenwelt bezogen, dadurch endlich von den Sinneswahrnehmungen unterschieden, dass sie uns nicht die Beschaffenheit eines Gegenstandes erkennen lehren. So viel Worte, so viel Fehler. Wenn ich mir die Hand verbrenne, so fühle ich den Schmerz ebenda und nicht im Bewusstseinsorgane — ganz so, wie bei einer einfachen Erwärmung der Hand die Temperaturempfindung dorthin projicirt wird. Zweitens. Ein Gemeingefühl wird nicht mehr und nicht weniger als eine beliebige andere Empfindung des Hautsinnes auf eine Ursache bezogen. So oft etwas meine Hand berührt oder kitzelt und schmerzhaft drückt, suche ich nach einer Veranlassung in der Aussenwelt. Von einer unfehlbaren obgleich „fehlerhaften" Verlegung der Qualität in das Object, von einem sondenmässigem Eindringen in die Erscheinungen ist hier freilich keine Rede. Aber auch nicht beim Riechen, Schmecken und bei der einfachen Berührung. Und im Uebrigen fehlt eine derartige Externalisation nicht ganz, denn wir sprechen von einem schmerzhaften Lichte, wir neigen dazu, die Schärfe des Schwertes als seine Schmerzqualität zu betrachten, wir kennen ein Juckpulver u. dgl. m. Ausserdem würde der so oft herangezogene, aber wie man sieht nicht absolute Wortmangel doch nur beweisen, dass die unbenannten Processe einen geringen Erkenntnisswerth besitzen und deshalb eine häufige Bezeichnung und Verwendung im Gedankenaustausch nicht erfordern. Trotz dieser Auffassung bleibt die Bedeutung der Antheilnahme des Ich vollkommen zu Recht bestehen. Wir lächeln mit Lotze über den „Zahnschmerz, den Niemand hat" und wir vergessen nicht, wie oft die stärkeren Grade der Gemeingefühle den allgemeinen Lebenszustand des Subjectes derart afficieren, dass sogar die Localisirung fehl schlägt oder kaum versucht wird. Der dritte Punkt erledigt sich durch das, was oben von den Temperaturwahrnehmungen bemerkt wurde: ebensowenig wie die Leistung des Temperatursinnes belehrt uns die des Gemeingefühles über die bleibende und auszeichnende Eigenschaft eines Dinges.

5. Zur näheren Erläuterung der Externalisation mögen einige lose angereihte Bemerkungen gestattet sein.

Wem der Unterschied zwischen der unbewussten, unmittelbaren, mit der Empfindung verschmolzenen Raumvorstellung und dem bewussten, in-

Digitized by Google

tellectuellen Process des Ursachesuchens klar geworden ist, der wird verstehen, dass der letzterwähnte Vorgang für die Entwickelung der „Gemeingefühle" eine gewisse Bedeutung besitzt. Denn das Individuum findet beim Suchen nach der Ursache des Schmerzes, Juckens und dgl. sie zum mindesten ebenso oft im eigenen Körper wie in fremden Objecten; bei Hunger, Durst, Ekel und dgl. ausschliesslich in sich. Hierdurch zum ersten wächst das Begleitbewusstsein der Subjectivität, auf das mit Vorliebe hingewiesen zu werden pflegt.[1]

Zum zweiten wissen wir, dass den externalisirten Wahrnehmungen nur eine geringe oder örtlich beschränkte Muskelarbeit entspricht und demgemäss bei ihnen das Gefühl der Selbstbetheiligung zurücktritt. Oder, was dasselbe sagen will: ihnen fehlt nicht selten jede Färbung durch Lust bezw. Unlust. Aber das trifft doch bloss für Licht- und Tonempfindungen zu und kann somit nicht zu Gunsten der üblichen Trennung von Sinnen und Gemeingefühlen geltend gemacht werden; Riechen und Schmecken nämlich sind immer von Lust oder Unlust durchsetzt. Worauf es indessen für die Lehre von der Externalisation noch mehr ankommt, ist dies: dass der Sachverhalt als ein Ergebniss aus der Betheiligung der Muskelthätigkeit erkannt wird. Ganz im Vorübergehen möchte ich auch eine später zu erweisende Verschiedenheit der Beuger und Strecker andeuten und auf das Ritter-Rollet'sche Phaenomen verweisen.

Des Ferneren kommt die zeitliche Dauer der Nachempfindungen in Betracht. Die Nachempfindung eines starken Geschmackes kann Tage, die eines Schmerzes Stunden lang dauern, während Reize anderer Gruppen kurze Folgen dieser Art nach sich ziehen. Die Zweckmässigkeit dieser Einrichtung im Verhältniss zur Externalisation leuchtet ein. Noch ersichtlicher ist sie bei einer Vergleichung der Structur und Bewegungsfähigkeit eines Sinnesorganes mit der ihm gestellten Aufgabe der „Objectivirung." Derjenige Apparat wird offenbar zur Externalisation in hohem Maasse geeignet sein, dessen Theile erstens einzeln gereizt, zweitens willkürlich gegen und miteinander verschoben werden können. Das Auge vermag wegen dieser seiner beiden Vorzüge die Objecte nebeneinander, in räumlicher Veränderung und als unabhängig von der in Bewegungen ausgedrückten Eigenthätigkeit aufzufassen. Die ersten beiden Punkte werden uns in dem Abschnitt über den Aussenraum näher beschäftigen; daher

[1] Bain, *The senses and the intellect.* S. 364 ff.; Dreher, *Die Bewegung vom Standpunkte der Psycho-Physiologie.* „Die Natur." XL, 10. S. 109; Fick, *Lehrb. der Anat. und Physiol. der Sinnesorgane.* S. 10; James, *Princ. of Psychol.* II, 31; Helmholtz, *Tonempfindungen.*[4] S. 101; Ladd, *Physiol. Psychol.* S. 387; Liebmann, *Ueber den obj. Anblick.* S. 67 ff.; Schopenhauer, *Satz vom Grunde.* S. 58; Sergi, *Psychol. physiol.* S. 187.

Digitized by Google

hier nur über den letzten Punkt noch etwas. „Wenn ich das Auge nach rechts bewege und der Gegenstand geht nicht mit, so gewinne ich in meiner denkenden Erfahrung das Bewusstsein einer Unabhängigkeit von meinem Willen." (Dilthey S. 995.) Die Beobachtung, dass die Drehung unseres Kopfes auf eine gesetzmässige Weise die Stärke der Klangempfindung abändert, führt uns zu der Vermuthung, dass die Ursache des Schalles an demselben Orte bleibe, mithin ausser uns existire.[1] Die Sinnesapparate hingegen, die den erwachsenen Menschen nicht zur ausgeprägten Externalisation zwingen, sind so eingerichtet, das daselbst weder die eigene Bewegung noch die Bewegung der wahrzunehmenden Objecte eine hinreichend bemerkbare Abänderung der Empfindung hervorbringt. (Weber S. 485 und 490.)

Ist es nöthig, dass ich zu guterletzt der Untersuchung noch hinzufüge, dass die Begriffe Externalisation und Realität der Aussenwelt sich nicht decken? Zu der vollsten sinnlichen Lebendigkeit der Gesichtshallucinationen muss noch ein Mehr hinzutreten, damit ihr Gegenstand für wirklich, ja noch mehr: für vollwerthig mit der übrigen Wirklichkeit gehalten werde Ich sah einmal bei dem Besuche eines Irrenhauses einen hallucinirenden Melancholiker, der mir gegenüber nach seiner Frau jammerte, obwohl er allnächtlich durch Sinnestäuschung sie zu sehen, zu hören und zu fühlen wähnte. Ich machte den naheliegenden Einwand: weshalb er sich nicht mit diesen nächtlichen Begegnungen zufrieden gebe? Ob seine Frau ihm denn nicht leibhaftig erschiene? „Doch, ganz leibhaftig," versetzte er, „aber es ist doch ganz etwas Anderes."

IV. Die Eintheilung der Wahrnehmungen.

A. Die Eintheilungsgründe im Allgemeinen.

1. Die bisherigen Betrachtungen haben uns den Weg geebnet, den die wissenschaftliche Erörterung über Art und Zahl der Sinne betreten muss. Der jetzige Zustand ist einfach unhaltbar. Denn die meisten Forscher haben die Schwierigkeiten dieses Grundproblemes der Sinnesphysiologie in weitem Bogen umgangen, sich mit der altehrwürdigen Zahl Fünf oder dem modernen Wechselbalge Sechs begnügt und im Uebrigen von dem tröstlichen „u. s. w." den ausgiebigsten Gebrauch gemacht. Aber an ernstlichen Bemühungen, Klarheit in das Gewirr der Thatsachen zu bringen, mangelt es in hohem Grade.

---

[1] Neueste Litter. über das Erkennen der Schallrichtung bei Titchener im *Mind.* Nr. LXIV. S. 528.

Digitized by Google

Fast ausnahmslos schliesst sich die wissenschaftliche Eintheilung der Wahrnehmungen an die im Leben übliche Aufstellung von Sinnesklassen nach Maassgabe getrennter anatomischer Apparate[1] an. Auge, Ohr, Nase, Mund laden in der That dazu ein; aber sobald wir die Haut in Betracht ziehen, beginnen die Schwierigkeiten sich aufzuthürmen. Da nämlich die Haut den Sitz der Vermittelung zweier grundverschiedenen Qualitätenkreise, der Berührungs- und Temperaturwahrnehmungen, bildet, geht bei dem „Hautsinn" die sonst vorhandene Gleichheit von Apparat und Sinnesmodalität in die Brüche. Ausserdem ist nur die Empfindung der Wärme und Kälte an die Haut und die histologisch im Ganzen mit ihr identische Schleimhaut gebunden, während Druck auch in den Eingeweiden, am Periost, kurz: an hautlosen Stellen percipirt wird. Deshalb und weil der Drucksinn so ziemlich dem ganzen Körper gemein ist, hat man ihn wohl als wahres Gemeingefühl aufgefasst, damit jedoch zugleich die gewöhnliche Terminologie verlassen. Ebensowenig verwendbar ist Delboeuf's Classification in allgemeine, besondere und gemischte Sinne. In die erste Gruppe soll der Temperatursinn gehören, „s'exerçant uniquement par des organes adventices, c'est à dire (?!) répandus uniformément sur tout le corps", in die zweite Gesicht, Gehör, Geruch, und in die dritte Gruppe die Berührungsempfindung, „ayant à son service des organes permanents, mais donnant aussi lieu à la formation d'organes adventices". An dieser Eintheilung scheint mir mehr der Reichthum der Wortbildung als die Tiefe der Einsicht bewundernswerth zu sein.

Auf einem ähnlichen Gedankengange beruht der öfters unternommene Versuch, von den vier oberen Sinnen die Haut- und Gemeinempfindungen als solche abzutrennen, die fast über den ganzen Körper verbreitet sein und durch die Identität der Erregungsherde zusammenhängen sollen.[2] Indessen ist hiermit die Thatsache nicht vereinbar, dass z. B. der Ekel deutlich in Gaumen und Schlund localisirt wird. Mit grösserer Berechtigung könnte man meines Erachtens die anatomische Sonderung auf der Grosshirnrinde in Anspruch nehmen und diejenigen Empfindungsarten, die eigene Bezirke besetzen, als „centralisirte" von den übrigen „acentralisirten" scheiden. Allein unsere mangelhafte Kenntniss der Rindensphären erlaubt gegenwärtig nicht eine strenge Durchführung dieses Gesichtspunktes.

---

[1] Enoch. *Der Begriff der Wahrnehmung.* S. 7; Beaunis, *Les sensations internes.* S. 1; Funke in Hermann's *Hdb.* S. 290; Delboeuf, *Théorie générale de la sensibilité.* S. 80 u. 81.

[2] Kröner, *Das körperliche Gefühl.* S. 31. Gegen ihn Kuelpe in der *Vierteljahrsschr. für wissenschaftl. Philos.* 1887. S. 429.

Digitized by Google

2. Vielversprechend sieht auch der Anschluss an die Lehre von den specifischen Energien aus.

Was zunächst das Merkmal der Externalisation betrifft, so ist seine Unverwerthbarkeit vielleicht durch die früheren Auseinandersetzungen dargethan. Desgleichen genügt die Trennung „specifischer" Wahrnehmungsklassen[1] in der inneren Erfahrung strengeren Anforderungen nicht. Denn einerseits sind — ein Beispiel unter vielen! — Hunger und Wollust ebenso heterogene Modalitäten wie Hören und Sehen, andererseits verbinden sich Riechen und Schmecken ebenso innig wie die Empfindungen der Berührung und des Kitzels.

Versuchen wir es daher mit der Mannigfaltigkeit der physiologischen Reize. Hr. Wundt[2] hat mit Hülfe dieses Gesichtspunktes eine Reihe beachtenswerther Sätze gewonnen. Er theilt im Allgemeinen nach äusseren und inneren Reizen die Empfindungen in Sinnes- und Gemeinempfindungen ein. Hiermit steht jedoch in Widerspruch, dass bekanntermaassen Gesichts-, Gehörs- und Wärmewahrnehmungen aus inneren Reizen entstehen können und in ihrer völligen Gleichartigkeit mit den in den entsprechenden Apparaten von aussen her erzeugten Wahrnehmungen die von Wundt beliebte Unterabtheilung der „Organempfindungen" hinfällig zu machen scheinen. Es ist doch wohl nicht erlaubt, die Wärmeempfindung, wenn sie zufällig nicht durch die Sonnenstrahlen, sondern durch Blutüberfüllung zu Stande kommt, zu einer besonderen Organempfindung zu stempeln. Auch die weitere Classification in mechanische (Druck, Gehör) und chemische Sinne (Temperatur, Geruch, Geschmack, Gesicht) giebt zu Bedenken Anlass. Sind nicht mechanische und chemische Processe im Grunde beide Bewegungsvorgänge? Und lässt sich die Behauptung beweisen, dass bei der physiologischen Leistung des Temperatursinnes „eine tiefer greifende chemische Transformation" erfolgt?

Eine etwas abweichende Eintheilung könnte von der oben gegebenen Classification der Reize in mittelbare, doppelsinnige und unmittelbare Gebrauch machen oder die Empfindungen in zwei grosse Gruppen scheiden, je nachdem sie einer besonderen peripherischen Einrichtung bedürfen oder nicht, und innerhalb der ersten Gruppe zwischen Wahrnehmungen theilen, die wie Gesicht, Gehör, Geschmack auch durch Erregung des Nervenverlaufes entstehen, und solchen, bei denen wie bei Geruch, Getast und dem Temperatursinn es nicht der Fall ist. Allein die Mängel eines derartigen

---

[1] Stumpf, *Tonpsychol.* II, 47. Ueber Geschmack u. Geruch: Fick, *Lehrb. der Anat. u. Physiol. der Sinnesorgane.* S. 192; Brücke, *Vorlesungen über Physiol.*[4] II, 243; v. Vintschgau in Hermann's *Hdb.* III, 2. S. 146 f. u. 207 f.

[2] Wundt, *Physiol. Psychol.*[2] I, 290—297.

Digitized by Google

Gesichtspunktes springen in die Augen, sobald man sich unserer früheren Auseinandersetzungen erinnert. Soweit wir also auch den Blick umhersenden mögen: nirgends scheint eine vollbefriedigende Lösung auf Grund der Energien-Theorie sich darzubieten.

3. Nur weniger Worte bedarf die Kritik für den Standpunkt, der die Wahrnehmungen nach dem Grade der Gefühlsbetheiligung classificiren will.[1] Schon Fries theilt ein in Lebensempfindungen, bei denen die Wirkung auf Lust und Unlust überwiegt, und in Organempfindungen, bei denen stufenweise die Sinnesanschauung wächst; und er hat die Gründe hierfür mit sorglich feiner Hand gezeichnet. In der That kann nicht geleugnet werden, dass die mit deutlichen Gefühlen verbundenen Wahrnehmungsklassen bloss einen unbestimmten Beitrag zur Erkenntniss der Gegenstände liefern, durch deren Wirkung sie entstehen. Auch werden, wie schon Aristoteles für den Geschmack bemerkt, die Differenzen unter den Qualitäten eines Sinnes durch die daran geknüpften Gefühle merklicher, als sie an sich würden. Hiermit stimmt sehr gut überein, dass die höheren Sinne sich bereits durch äusserst schwache Reizungen erregen lassen und nach quantitativer wie qualitativer Hinsicht die feinsten Abstufungen auffassen. Ihr Reich ist unschwer übersehbar, weil völlig systematisch und am weitesten von lebentragenden Functionen entfernt.

Das Alles scheint in bester Ordnung zu sein. Aber es verhilft uns leider nur zu ganz allgemeinen und schwankenden Begriffen. In dem Augenblicke, wo dieser Eintheilungsgrund auf Einzelheiten angewendet werden soll, versagt er: ich erinnere beispielsweise an die lebendigen, tiefgreifenden Gefühle, die den Sehact begleiten können, oder an die geringe Gefühlsbetonung, die unter Umständen an einen körperlichen Schmerz sich anschliesst. Ueberhaupt herrscht in Sachen Lust-Unlust eine so erhebliche Unsicherheit,[2] dass auf diesem Boden nicht gut bauen ist. Auch Henry's

---

[1] Ch. Henry in *Compt. rend de l'Assoc. franç. pour l'avancement des sciences.* 1888. S. 1073 u. 1095; Fries, *Psychische Anthropol.* 1837. S. 112 f.; Riehl, *Philos. Kriticism.* II, 1. S. 36 ff., 68, 77.

[2] Selbst A. Riehl ist den seit Jahrhunderten auf der Gefühlslehre lastenden Gefahren nicht entgangen. Er braucht das Wort Gefühl in vier himmelweit verschiedenen Bedeutungen, nämlich: 1. für das Active in der Empfindung, 2. für Lust-Unlust, 3. für Berührungsempfindung, 4. für die Empfindungen des Rauhen, Glatten und sogar des Kitzels. Diese vier Begriffe bilden dann die „vollständige Induction" zum Beweise, dass jede Empfindung zugleich eine Gefühlsseite habe. Das heisst doch geflissentlich leeren Schall über's Haberfeld schicken! Und noch schlimmer wird die Unklarheit an einer späteren Stelle, wo ein „Princip der Identität des Bewusstseins" an Stelle des sachlich nöthigen „Principes des Bewusstseins der Identität" eingeführt und die Verwirrung in drei anderen ähnlichen Ausdrücken fortgesetzt wird.

Digitized by Google

Versuch, die Dynamometrie für unsere Frage nutzbar zu machen, wird kaum von Erfolg gekrönt werden. Ich wenigstens wüsste nichts mit seinen beiden Classificationen anzufangen. In der einen zählt er vier Empfindungsarten auf, entsprechend 1. Ton, Licht, Druck, Arbeit, 2. Farbe, Geruch, Geschmack, 3. Form, 4. Temperatur; in der anderen stellt er den dynamogenen und den inhibitorischen Typus auf, welcher letztere nur durch die Temperaturempfindungen vertreten sein soll.

4. Raum und Zeit sind ferner als Eintheilungsgrund angesprochen worden.[1] Gilt der Raum als Maassstab, so kann man die geometrischen Sinne Gesicht und Getast von den übrigen Sinnen der reinen Qualität unterscheiden; stützt man sich auf die zeitlichen Verhältnisse, so fasst man die höheren Sinne zusammen, weil sie in der Zeit sehr scharf begrenzt sind, d. h. fast augenblicklich mit der Einwirkung auf das peripherische Organ entstehen und nicht viel länger fortdauern als die Einwirkung. Die Wahrheit zu sagen, nützt uns der erste Gesichtspunkt blutwenig. Denn der räumliche Charakter des Sehens und Fühlens beruht auf interpretativen Muskelempfindungen und nicht auf einer wesenhaften Eigenschaft der genannten Modalitäten; ferner giebt uns auch das Ohr Kenntniss von den räumlichen Beziehungen der Dinge. Allerdings führt die blosse Berufung auf die Zeit auch nicht weiter, aber sie enthält wenigstens einen richtigen Ansatz. Insofern nämlich Kitzel, Schauder, Schmerz merklich später als die Reizung aufzutreten und bedeutend länger als sie anzuhalten pflegen, kennzeichnen sie sich in interessanter Weise. Jedoch zur Aufstellung eines allumfassenden Zeitsinnes oder gar noch eines aus Raum- und Zeitsinn entspringenden „Geschwindigkeitssinnes" liegt wahrhaftig kein Bedürfniss vor. Zwar ist Wort und Begriff des Sinnes im Laufe der Zeiten durch fortgesetzten Missbrauch so verdorben worden, dass an einer Rettung zur Genauigkeit verzweifelt werden muss, aber dessenungeachtet bleibt eine Erweiterung der „Sinne" überflüssig.

Das Ergebniss unserer Umschau ist also ein wesentlich negatives. Abgesehen von der eben besprochenen Eintheilung haben wir drei Haupteintheilungen kennen gelernt, die man füglich die anatomische, physiologische und psychologische nennen kann. Die anatomische gründet sich auf das Vorhandensein ausgebildeter Sinnesorgane wie Auge und Ohr, die physiologische auf die Lehre von den specifischen Energien, die psychologische auf die Gefühlsbetheiligung seitens der Seele. Jede von ihnen hat einen wunden Punkt, den aufzudecken unser Bestreben gewesen ist, und keine von ihnen entspricht den folgenden beiden, doch wohl maassgebenden

[1] Weber in Wagner's *Hdwb.* III, 2. S. 493; Fick, *Lehrb. der Anat. und Physiol. der Sinnesorgane.* S. 9 f. u. 12.

Digitized by Google

Anforderungen: dass nämlich die Classification einmal auf anatomisch-physiologischen Verschiedenheiten ruhe, zum andern psychische Differenzen zwischen den Wahrnehmungen der einzelnen Gruppen aufzuzeigen vermöge. Vielleicht verdient daher die nunmehr vorzuschlagende Eintheilung den Vorzug vor den übrigen, obwohl ihre Begründung hier nur mit wenigen Worten gegeben werden wird.

5. Es giebt eine Classe von Empfindungen, in welche das Lebensgefühl, das Wohl- und Uebelbefinden und diejenigen körperlichen Gefühle gehören, für die kein bestimmter Ort als Sitz angegeben werden kann. Wir wollen sie, um den zutreffenden, aber missverständlichen Ausdruck „Gemeingefühl" zu vermeiden, „Totalwahrnehmungen" nennen. Ueber ihnen erheben sich die localisirbaren und auf je ein Organ concentrirten „Organempfindungen" wie Hunger, Durst, Ekel, Wollust. Dann folgen andere Wahrnehmungen, die durch Ausstrahlung einer Gehirnerregung zu entstehen scheinen; wir bezeichnen sie als Irradiationsempfindungen. Ihre psychologischen Merkmale sind: dass sie neben anderen, meist Getastempfindungen auftreten, auf Partien und Empfindungsmodalitäten sich ausdehnen, die vom Reize nicht getroffen wurden, starke Reflexe hervorrufen und in keinem abgestuften Verhältnisse weder zur Reizstärke noch zur Reizdauer stehen. Hierhin gehören Kitzel, Schauder und die meisten Synaesthesien. Drittens kennen wir Wahrnehmungen, deren Reize unmittelbar durch Leitung und Erregung begrenzter Nerven in eine bestimmte Sphaere der Grosshirnrinde gelangen: sie mögen Centralempfindungen heissen und durch Sehen, Hören, Riechen, Schmecken dargestellt sein. Endlich nun bilden sich bestimmte Wahrnehmungen durch Summation im Rückenmarke: die Summationsempfindungen. Diese Art der Entstehung werden wir ausführlich für Berührung, Druck und Schmerz wahrscheinlich zu machen suchen; hier genüge als Beispiel der Temperatursinn. [1]

Es wird sich bei der Besprechung der Nachempfindungen zeigen, dass bei schwachen Temperaturreizreihen die Nachempfindung sich nicht unmittelbar an die „primäre" Empfindung anschliesst, sondern durch eine „Empfindungspause" von ihr getrennt ist. Das ist die erste Thatsache, die auf eine Summirung deutet. Wir werden ferner eine Verlangsamung der

---

[1] Wichtigste Litteratur, ausser der bereits früher citirten: Landois, *Lehrb. der Physiol.*[7] 772 u. 829; Hermann, *Lehrb. der Physiol.*[8] 392, 395; Wundt, *Physiol. Psychol.*[3] I, 114 f.; Naunyn u. Remak, *Arch. f. Psychiatrie.* IV, 760—765; Osthoff, Die Verlangsamung der Schmerzensempfindung bei Tabes. *Erlanger Diss.* 1874; Hertzberg, Beiträge zur Kenntniss der Sensibilitätsstörungen bei Tabes, *Erlanger Diss.* 1875; Kuelpe in *Vierteljahrsschr. für wissenschaftl. Philos.* XI, 456—459; Goldscheider, *Berl. Physiol. Gesells.* 1890/91. Nr. 1/2. S. 5 f.

Digitized by Google

Temperaturwahrnehmung unter normalen und pathologischen Umständen kennen lernen. Man kann sich drittens leicht davon überzeugen, dass erst nach mehrfacher Application oder nach längerer Andauer von Wärmereizen mittlerer Grade die Reflexe auftreten. Es unterliegt endlich keinem Zweifel, dass nach einer Reihe von starken Temperatureinwirkungen plötzlicher Schmerz hereinbrechen kann. — Alle vier Erscheinungen besitzen aber nun ihr Analogon in anderen Summationsphaenomenen. Das Verhältniss zwischen secundärer und primärer Empfindung ist ebenso für die Berührung von Goldscheider wie für die Temperatur von dem Verfasser entdeckt worden. Die verlangsamte Leitung ist für den Schmerz seit vielen Jahren bekannt. Von den elektrischen Nervenreizen glauben einige, dass erst eine Reihe von Inductionsschlägen den Reflex auslöst, von den mechanischen Reizen wissen wir, das z. B. beim Coitus erst nach längerer Andauer derselben die Ejaculation eintritt. Was den vierten Punkt betrifft, so entspricht er den von Naunyn gemachten, von Rosenbach bestätigten pathologischen Erfahrungen. — Die Erklärung wird sich herkömmlicherweise auf das Rückenmark beschränken und am bequemsten wohl an die vielfach (von Bechterew, Weise, Flechsig u. A.) bestrittene Lehre Schiff's anknüpfen, wonach die Schmerzbahn oder allgemeiner: die Summationsbahn in der grauen Substanz verläuft. Goldscheider detaillirt den Vorgang in ansprechender Weise: „Die hinteren Wurzeln gabeln sich im Rückenmark in eine doppelte Bahn, indem die in den Hintersträngen aufsteigenden Fasern Collateralen abgeben, welche in die graue Substanz eintreten und deren Verästelungen in solche von cellulären Elementen eingreifen. Die Erregung verläuft somit einmal in der langen Bahn dem Bewusstseinscentrum zu und trifft andererseits auf eingelagerte Zellen, welche die Erregung nicht einfach fortleiten, sondern zunächst nur in einen veränderten Erregbarkeitszustand gerathen. Erst wenn mehrere Erregungen hinter einander auf diese Art zur Zelle gelangt sind, wird die aufgespeicherte Energie in Arbeit umgesetzt; die Zelle sendet nun selbst Erregungen aus, welche gleichfalls, aber auf der andern Bahn, zum Centrum gelangen.“ [1]

An dieser Stelle sei eine kleine Abschweifung von dem strengen Gange der Darstellung erlaubt, weil sie Gelegenheit bietet, eine interessante Beobachtung mitzutheilen und eine ergötzliche Illustration zum Gesetze der „Duplicität der Fälle“ zu liefern. Bei meinen Untersuchungen über das Verhältniss von primärer zu secundärer Empfindung experimentirte ich auch mit den Nachbildern des Gesichtssinnes. Bereits im Herbste 1890 konnte ich meinen Zimmernachbar im Munk'schen Institute, Hrn.

[1] A. a. O. S. 5.

Digitized by Google

Dr. Rawitz, darauf aufmerksam machen, dass sehr oft zwischen der ersten Lichtempfindung und dem positiven Nachbilde eine Empfindungspause zu beobachten ist. Aber um nähere Aufklärungen zu gewinnen, benutzte ich im folgenden Winter schwache, kurze Lichtreize und zu deren Herstellung den an einem photographischen Apparate befindlichen Steinheil'schen Verschluss. Dieser durch Druck auf einen Gummiballon auszulösende Verschluss besteht aus zwei dünnen Stahlplatten, in deren Mitte kreisförmige Löcher ausgeschnitten sind; die Platten können in entgegengesetzter Richtung so an einander vorbeigeführt werden, dass für eine zwischen 0·01 und 1 Sec. variirbare Zeit die beiden Ausschnitte über einander zu liegen kommen und damit dem Lichte den Durchtritt gestatten. Die Versuche mit diesem sehr einfachen Hülfsmittel wurden an mehreren Objecten, bei wechselnder Beleuchtungsstärke und unter verschiedener Belichtungsdauer ausgeführt. Ihr Ergebniss war, dass zweifellos zwischen der Reizempfindung und dem positiven Nachbilde sich ein empfindungsloses Intervall einschiebt.

Litterarisch lag damals meines Wissens nur der Aufsatz von Lustig und von Vintschgau[1] vor, der sich mit der Messung der Zeit beschäftigt, „welche das positive Nachbild braucht, damit jene Deutlichkeit erreicht werde, welche nothwendig ist, um dasselbe mit Sicherheit wahrnehmen zu können". Die Verfasser vertreten die alte Lehre von dem allmählichen Uebergange der Wahrnehmung zum Nachbilde. Erst 1891 erschien eine Abhandlung von Carl Hess,[2] die nicht nur eine der obigen ähnliche Ansicht vertritt, sondern auch — und desshalb sprach ich vorhin von der Duplicität der Fälle — sich auf genau dieselben Versuche mit dem gleichen Apparate stützt. Hr. Hess hat obendrein die Zeitdauer des Intervalles auf $^1/_2$ bis $^1/_3$ Secunde festgestellt. Aber er bezeichnet dieses Intervall nicht als empfindungslos, sondern als eine von einem ersten negativen Nachbilde ausgefüllte Phase. Seiner Erfahrung zufolge werde nach dem primären Lichteindrucke ein kurzes negatives Nachbild wahrgenommen, auf das dann rasch das bekannte positive folgt, um seinerseits nach mehreren Secunden durch ein zweites negatives Nachbild abgelöst zu werden. So viel ist also übereinstimmend festgestellt worden, dass das positive Nachbild nicht einfach „aus der Fortdauer und dem allmählichen Abklingen der durch den Lichtreiz im Sehorgane hervorgerufenen Erregung erklärt werden" darf. Ob nun jedoch eine Empfindungspause oder eine negative Phase dazwischen liegt,[3] wird von anderen Forschern festgestellt werden müssen.

[1] v. Vintschgau und Lustig in Pflüger's *Archiv.* XXXIII, 494.

[2] Hess in Pflüger's *Archiv.* IL, 196, 200, 207.

[3] Dieser Unterschied ist derselbe, wie der oben zwischen intermittirender und continuirlicher Nachempfindung hervorgehobene.

Digitized by Google

Die Hess'sche Ansicht stimmt sicherlich mit der vorgetragenen Eintheilung der Wahrnehmungen besser überein als meine eigene Anschauung. Denn nach der letzteren läge die unwahrscheinliche Vermuthung nahe, dass auch das Sehen zu den Summationsempfindungen gehöre, obgleich freilich zur Glaubwürdigkeit dieser Vermuthung die Untersuchung von Reihen von Gesichtsreizen gehören würde. Im anderen Falle würde die Thatsache nichts mit der Classification der Empfindungen zu thun haben. Wie weit man aber auch die Gruppe der Summationsempfindungen mag ausdehnen oder wie eng man sie mag fassen wollen, jedenfalls wird ihre Existenz und die Zugehörigkeit des sogenannten Tastsinnes zu ihr angenommen werden dürfen,

Wie der uns hier nur beschäftigende Tastsinn im Besonderen einzutheilen ist, wollen wir nunmehr untersuchen.

B. Besonderes über den Drucksinn.[1]

1. Von vornherein lassen wir die auf der Haut auftretenden Irradiationsempfindungen des Kitzels und Schauders, den Schmerz ferner und die Temperaturwahrnehmung ausser acht. Sie sind einem Drucksinne nicht unterzuordnen, allenfalls — mit Ausnahme des Schmerzes — dem richtig verstandenen Hautsinne.[2] Denn wenn die Psychologie nicht mit evidenten Schattengrössen operiren will, muss sie an der wirklichen Bedeutung ihrer Bezeichnungen festhalten. Nichtsdestoweniger rechnet z. B. Eulenburg zum Drucksinne einerseits Orts- und Raumsinn, anderseits „qualitative Empfindungen", innerhalb deren er Tast- nämlich Druck- und Temperaturwahrnehmungen sowie die cutanen Gemeingefühle des Kitzels und Schmerzes unterscheidet. Dass aber der Schmerz thatsächlich keine Unterabtheilung des Drucksinnes bildet, obwohl er in vielen Fällen aus einer Steigerung der Druckwahrnehmung hervorzugehen scheint, ergiebt sich aus folgenden drei Gründen. Die sogenannten brennenden Schmerzen, z. B. die durch

---

[1] Béclard, *Traité élémentaire de physiol. humaine.*[6] 1870. S. 938; Bronson in *The medical Record.* Nr. 1041. S. 425 ff.; Erb, *Lehrb. der Nervenkrankheiten.* S. 179; Eulenburg, *Lehrb. der funktionellen Nervenkrankheiten.*[1] S. 13; Funke in Hermann's *Handb.* III, 2. S. 289; Goldscheider in *diesem Archiv.* 1885. S. 88 f.; Hermann, *Lehrb. der Physiol.*[6] S. 452; Landry in *Arch. gén. de méd.* 1852. Ser. 4. Bd. XXX. S. 39; Valentin, *Lehrb. der Physiol.*[2] II, 2. S. 162.

[2] Von „Sensibilität" zu sprechen vermeide ich mit Absicht, da das Wort durch den Unfug, der mit ihm getrieben wird und der, wie mir scheint, durch Bordeus Diss. *de sensu* (Montpellier 1742) begonnen wurde, in Verruf gekommen ist. Vgl. auch Robin et Béraud, *Elémente de physiol.* I, 140; Richet, *Recherches cliniques et exp. sur la sensibilité.* S. 226 ff.

Digitized by Google

Urethritis in der Harnröhre entstehenden enthalten keine Spur einer Druckempfindung. Man bemerkt zweitens bei den durch mechanische Eingriffe erzeugten Schmerzen neben diesem Gefühl und zwar als von ihm verschieden den Druck. Die Pathologie kennt drittens Fälle von Anaesthesie ohne Analgesie und von Analgesie ohne Anaesthesie.

Auch die Temperaturwahrnehmungen müssen als eine eigene Gruppe aufgefasst werden, da sie der inneren Erfahrung unwidersprechlich als solche erscheinen. So bleiben also für den Augenblick nur diejenigen Qualitäten übrig, die man mit den Ausdrücken Berührung, Druck, Tasten, Fühlen und ähnlichen zu belegen pflegt.

2. Die primitivste Qualität des Hautsinnes ist die einfache Berührungsempfindung. Man erhält sie, wenn man mit dem ziemlich breiten und abgerundeten Ende eines nicht zu kalten noch zu warmen Gegenstandes leicht die Haut betupft. Ihre beiden kennzeichnenden Merkmale sind negativer Natur; sie bestehen darin, dass sie einerseits ohne Hülfe anderer Organe als der Haut und ihrer Nerven zu Stande kommt, andererseits nicht externalisirt wird. Positiv kann man allerdings noch von ihr aussagen, dass sie leicht in das Gefühl des Kitzels übergeht; aber das ist weniger wichtig. Bedeutsamer ist die Frage nach einer angemessenen Bezeichnung.[1] Die gewählte entspricht weder dem besonderen Wesen dieser Empfindung noch der Beschaffenheit des Reizes, sondern begreift nur die sichtbaren Umstände, unter denen eine irgendwie beschaffene Einwirkung stattfinden kann. Trotzdem darf sie vielleicht beibehalten werden in Rücksicht darauf, dass unter den gebräuchlichen Ausdrücken kein besserer sich befindet und von Neubildungen in anderer Beziehung ausreichender Gebrauch gemacht werden wird.

Die Berührungsempfindung ist von der Druckempfindung zu trennen: jene entspricht der sensibilité superficielle, diese der sensibilité profonde der Franzosen.[2] Eine solche Scheidung ist von Bernstein, Erb, Goldscheider angenommen, von Mendelssohn und Bronson als berechtigt nachgewiesen, von Fick und Funke mit Bewusstsein verworfen worden.[3] Gewiss bleibt die Reizung durch Berührung wie durch Druck qualitativ die gleiche und ändert sich bloss quantitativ. Aber die entsprechenden seelischen Zuständlichkeiten erscheinen im Sinnesurtheil als verschiedenartig. Bei der Empfindung des Contactes verhält sich das Subject

[1] Meissner, *Beiträge zur Anat. und Physiol. der Haut.* S. 28; Derselbe in *Zeitschr. für ration. Med.* IV, 274.

[2] Richet, *Recherches sur la sensibilité.* S. 228 f. Landry (a. a. O.) unterscheidet „tact" und „tact attentif."

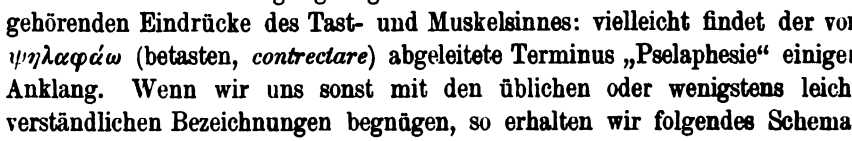
[3] Weniger einleuchtend ist Brown-Séquard's Polemik im *Journ. de physiol.* VI, 613.

Digitized by Google

durchaus passiv, bei derjenigen des Druckes in demselben Sinne activ wie bei den Perceptionen durch Sehen und Hören. In phylogenetischer und ontogenetischer Entwickelung geht der Contactsinn dem Drucksinne sicherlich voraus. Und während der erste ohne Hülfe der tiefer gelegenen Theile, vor allem der Muskeln ausgeübt wird, treten bei dem zweiten die Muskeln unter der Form eines Widerstandes in Thätigkeit: daher kommt es dann, dass die denkmässige Auslegung der Druckempfindung zur Widerstandswahrnehmung und -Vorstellung führt. Ebenbürtig steht der Druckempfindung die Empfindung des Zuges zur Seite, die beispielsweise erzeugt wird, wann durch Ziehen an den Haaren die Haarbälge gedehnt werden. Sobald endlich an Stelle der Spannungen ausgeführte Bewegungen sich mit dem Drucke verknüpfen, erhalten wir die Tastempfindung. Sie vermittelt uns den Einblick in Form und Beschaffenheit der abgetasteten Gegenstände, sie ist es, die uns Härte und Weichheit kennen lehrt.

Je mehr nun die Thätigkeit der Muskeln und ihrer Anhänge, der Sehnen, Bänder, Gelenke, sich in den Vordergrund drängt, desto weiter entfernen wir uns von der Tastempfindung und desto näher kommen wir einem Wahrnehmungscomplex, der gewöhnlich „Muskelsinn" genannt wird. Da seine Zergliederung uns später ausführlich beschäftigen wird, genüge hier die Einordnung in den Zusammenhang des Hautsinnes. Es ist jetzt klar geworden, an welcher Stelle er seinen Platz findet: er baut sich ebenso auf der Tastempfindung auf, wie diese auf der Zug- und Druckempfindung und diese wiederum auf der einfachen Berührungsempfindung.

3. Soll die Uebersichtlichkeit der dargelegten Verhältnisse durch eine genaue Benennungsweise erhöht werden, so ist die Einführung einiger neuen Ausdrücke nicht zu umgehen. Schon die Lehre von den durch mechanische Reizung der Haut gelieferten und durch die Thätigkeit des Bewegungsapparates bereicherten Wahrnehmungen ermangelt eines eigenen Namens. Ich erlaube mir, hierfür das Wort „Haptik" in Vorschlag zu bringen, das im Anschluss an Optik und Akustik gebildet und von dem Verbum ἅπτομαι abzuleiten ist. Desgleichen bedürfen wir eines Ausdruckes für die an Bewegungen gebundenen und daher innerlich zusammengehörenden Eindrücke des Tast- und Muskelsinnes: vielleicht findet der von ψηλαφάω (betasten, *contrectare*) abgeleitete Terminus „Pselaphesie" einigen Anklang. Wenn wir uns sonst mit den üblichen oder wenigstens leicht verständlichen Bezeichnungen begnügen, so erhalten wir folgendes Schema:



Digitized by Google

C. Zusammenfassender Rückblick.

1. Es dürfte zweckmässig sein, einen Rückblick auf die positiven Ergebnisse der bisherigen Erörterungen zu werfen, ehe wir in die Einzeluntersuchung eintreten.

Erkenntnisstheoretisch betrachtet sind die Empfindungen Zeichen für die Vorgänge der äusseren und der inneren Welt, psychologisch angesehen lassen sie sich in ihren Inhalt und in den Act des Empfindens zerlegen. Dieser ist im eminenten Sinne ein Bewusstseinsvorgang, für jenen tritt die Eigenthätigkeit zurück. Will man nun Wahrnehmung von Empfindung scheiden, so ist das Merkmal der Zusammengesetztheit das zweckmässigste, und da es scheint, dass je einfacher eine Sinnesvorstellung ist, d. h. je mehr sie sich der Empfindung nähert, sie desto stärker die Betheiligung des Bewusstseins hervortreten lässt, und dass umgekehrt diese Betheiligung um so mehr verdrängt wird, je zusammengesetzter die Wahrnehmung ist, so nennen wir Empfindung eine vom Bewusstsein der seelischen Eigenthätigkeit getragene Sinnesvorstellung einfachster Natur, Wahrnehmung eine Sinnesvorstellung zusammengesetzter Natur, bei der die Betheiligung des Subjectes zurücktritt.

Die Empfindung ist keine Grösse. Ihre Haupteigenschaft ist die Intensität; die Qualität wird erst bei der Wahrnehmung, die natürlich auch der Intensität nicht entbehrt, bedeutungsvoll. Der Gefühlston steht nicht neben, sondern unter den beiden genannten Attributen. Damit eine Wahrnehmung entstehe, muss sie eine Merklichkeitsschwelle überschreiten, damit sie von anderen gleichartigen unterschieden werde, die Grössen-, die Raum- und die Zeitschwelle überschreiten. Sie ist nicht ein isolirter Vorgang, der ein einziges Organ, einen einzigen Nerven, eine einzige Rindensphaere betrifft, sondern sie gleicht dem Tone, der aus der ganz in Schwingungen versetzten Aeolsharfe des menschlichen Organismus am lautesten hervorklingt.

Für die Psychologie des Hautsinnes besitzen Mitempfindungen, Reflexe und Nachempfindungen eine besondere Wichtigkeit. Von den echten Mitempfindungen sind die unechten zu trennen, nämlich Begleitempfindungen, secundäre Erinnerungsbilder und Empfindungsreflexe. Die wahren Mitempfindungen gliedern sich wie folgt:

Mitempfindungen

A. Gleichartige Mitempfind. (Zusatzempfind.) — B. Ungleichartige Mitempfind.

1. Doppelempfind. 2. Uebertragene Empfind.

a) Verstärkungsempfind. b) Schwächungsempfind.

Digitized by Google

Die von uns gegebene Eintheilung der Reflexe lautet:

Reflexe	
A. Reiz unbemerkt	B. Reiz bemerkt
1. Reflexe unbemerkt, 2. Reflexe bemerkt. 3. Reflexe bemerkt und von kinogener Empfindung begleitet.	1. Reflexe unbemerkt, 2. Reflexe bemerkt, 3. Reflexe bemerkt und von kinogener Empfindung begleitet.

Bei den Nachempfindungen endlich hat man zu unterscheiden:

Nachempfindungen	
homonome	heteronome
continuirlich intermittirend	continuirlich intermittirend

2. Empfindungen wie Wahrnehmungen sollen von dem Gesetze der specifischen Energien beherrscht sein. Die Zergliederung des in möglichst weiter Fassung aufgestellten Lehrsatzes lässt zunächst die Vorstellung eines „beliebigen Reizes" nicht ungerügt. Alle äusseren Processe bestehen aus der Summe mehrerer Reizclassen und bieten den verschiedenen Sinnen verschiedene Seiten dar; theoretisch giebt es daher keine einzige Wahrnehmung auf Anlass eines der besonderen Nerventhätigkeit heterogenen Reizes. Dieser Satz gilt sowohl für die Reizung motorischer wie sensibler Nerven; die von Helmholtz (Optik 191) vorgenommene Uebertragung der Wirkungen jener auf diese wird dadurch noch fehlerhafter, dass die quantitativen Unterschiede der Muskelzuckungen nicht mit den qualitativen Unterschieden der Wahrnehmungsclassen zu vergleichen sind. In Wirklichkeit fallen denn auch alle behaupteten und zu Gunsten der Hypothese verwertheten Thatsachen in nichts zusammen. Zuzweit erhebt sich die Frage, welches nervöse Gebilde die Eigenschaft der Empfindung vorweg bestimmen mag. Zur Auswahl stehen bereit: peripherisches und centrales Nervenende sowie der Verbindungsnerv. Wie wir wissen, findet der peripherische Apparat seine Aufgabe darin, aus den physikalischen Vorgängen diejenigen herauszusuchen, an die er angepasst ist, und sie derart umzuformen, dass sie den Verbindungsnerven zu erregen vermögen. Der Nerv seinerseits thut nichts anderes als diese Erregung fortzupflanzen; er besitzt eine so wenig selbständige Bedeutung, dass er selbst die durch den Inductionsstrom in ihm hervorrgerufene Erregung wahrscheinlich nicht direct zum Centrum mit dem Erfolg einer Empfindung hinaufsendet. Minder abhängig von der Thätigkeit des Sinnesorganes scheint die Function der centralen Nervenausbreitung zu sein. Es existiren muthmaasslich auf der Grosshirnrinde Sphaeren mit nur einer sensorischen Function, Bezirke, die zwar in ihrer anatomischen Structur nicht unterscheidbar und kaum scharf

Digitized by Google

abgrenzbar, jedenfalls aber von vornherein gegeben und unveränderlich sind. An sie gelangt nun ausschliesslich der im Sinnesorgan fertiggestellte und vom Nerven übermittelte Erregungsvorgang, denn von den etwaigen psychischen Effecten directer materieller Reizung der Rindenelemente unter normalen Verhältnissen haben wir nichts zu berichten.

Was demnach an der herrschenden Theorie der specifischen Energien richtig ist, beschränkt sich darauf, dass ein bestimmtes Nervengebilde immer nur eine bestimmte Wahrnehmungsart liefert, falsch dagegen ist, dass ein und derselbe Reiz diese verschiedenen Wahrnehmungen hervorbringen könne und dass eine Mehrheit von Reizclassen (besonders Sinnes- und elektrischer Reiz) ein und dieselbe Wahrnehmungsart erzeuge. Es bleiben aber wohl zu Recht bestehen die specifische Erregung, die jedem Sinnesapparate, und die specifische Function, die jedem Grosshirnrindenbezirke zukommen.

3. Excentrische Projection heisst die Thatsache, dass Empfindungen nicht als Thätigkeit des Gehirns, des Centrums, sondern in gewissen Fällen als Vorgänge in den übrigen Körpertheilen aufgefasst werden; Externalisation die Thatsache, dass gewisse Wahrnehmungen in die Objecte der Aussenwelt als deren Eigenschaften verlegt werden. Die Erklärung beider Erscheinungen gewinnt eine Handhabe in der verschiedenartigen Betheiligung der Muskelthätigkeit, ohne damit freilich ein eindeutiges Ursachverhältniss festzusetzen. Entwickelungsgeschichtlich geht die Externalisation der excentrischen Projection und diese wieder der Localisation voraus. Bewege ich meinen Arm und stosse mit der Hand an ein Object, so fällt die letzte Bewegungsempfindung zeitlich mit einer Berührungsempfindung zusammen, ist aber das Object meine eigene Stirn, so entstehen zwei Berührungsempfindungen, die mehr weniger gut localisirt werden können.

Der Unterschied zwischen Externalisation und excentrischer Projection, so wichtig er auch ist, darf doch nicht als Eintheilungsgrund der „Sinne" verwertet werden. Wir haben vielmehr eine andere Classification vorgeschlagen, die folgende Theile umfasst. 1. Totalempfindungen (Wohl- und Uebelbefinden u. dgl.), 2. Organempfindungen (Hunger, Ekel, Wollust u. dgl.), 3. Irradiationsempfindungen (Kitzel, Schauder u. s. w.), 4. Summationsempfindungen (Temperatur, Schmerz), 5. Centralempfindungen (Riechen Schmecken, Hören, Sehen). Die Haptik im Besonderen schliesslich zerfällt in den Contactsinn und die Pselaphesie, von denen jener die Berührungs- und Druckempfindungen, diese den Tast- und Muskel„sinn" umspannt.

Digitized by Google

Untersuchungen über den Temperatur-Sinn.

I. Die Stellung des Temperatursinnes.

A. Der Temperatursinn ein einheitlicher Sinn.

1. Was ein „Sinn" sei, ist wegen der mit diesem Ausdrucke verbundenen Unklarheit schwer zu sagen und vielleicht auch nicht von hervorragender Wichtigkeit. Im Allgemeinen und für unseren besonderen Zweck mag es genügen, das Wort Sinn gleichbedeutend mit der Bezeichnung Wahrnehmungsmodalität zu gebrauchen.

Von den Wahrnehmungsmodalitäten nun haben wir angenommen, dass sie dem Gesetze der specifischen Energie gehorchen d. h. sowohl einen specifischen Reiz für ihren Sinnesapparat als auch einen abgegrenzten Bezirk auf der Grosshirnrinde besitzen. Was den ersten Punkt in seiner Anwendung auf den Temperatursinn betrifft, so ist an seiner Richtigkeit nicht zu zweifeln; in Bezug auf den zweiten Punkt stehen wir freilich zunächst einem mit sieben Siegeln verschlossenen Buche gegenüber. Trotzdem werden wir die Temperaturwahrnehmungen wohl als vom Gesetze der specifischen Energien beherrscht ansehen dürfen.

Wie wären also von vornherein geneigt, die Geltung der — streng physiologisch, nicht psychologisch gefassten — specifischen Energie mit dem gesammten Umfang der Temperaturempfindungen in Deckung zu bringen. Läge es so, dass zweifellos der Temperatursinn einen Qualitätenkreis mit zwei Qualitäten, Kälte- und Wärme-Empfindung, darstellte, dann würde die Entscheidung nach den im allgemeinen Theile entwickelten Grundsätzen erfolgen dürfen. Das hat indessen seine Bedenken. Denn von einigen Forschern, z. B. von A. Herzen, ist der Satz aufgestellt worden, dass der sogen. Temperatursinn keineswegs ein zusammengehöriges Ganze bilde, sondern in zwei Sinne, den Wärme- und den Kältesinn, zerspaltet werden müsse. Es gäbe hiernach zwei Modalitäten, denen ihre Stellung innerhalb der Sinnesphysiologie auf Grund der Joh. Müller'schen Lehre anzuweisen wäre. Indessen liegen gegen Herzen's Ansicht viele und gewichtige Gründe vor.

Zunächst spricht gegen sie, dass die Physik nur eine einheitliche, in Molecularbewegungen und Atomenschwingungen bestehende Kraft der Wärme kennt und die Kälte als eine subjective, von der schwankenden Körpertemperatur abhängige Ausdeutung gewisser Wärmevorgänge nachweist. Zuzweit. Existirten ein Wärmesinn und ein Kältesinn unabhängig von

Digitized by Google

einander, dann hätten wir in ihnen den ganz isolirten Fall, dass die beiden Modalitäten jeder Theilqualitäten entbehrten. Es enthalten nämlich die Kälte- und die Wärme-Empfindungen zwar eine Stufenreihe von quantitativen Unterschieden, aber keine solche von qualitativen Differenzen — man müsste denn in einer bereits (S. 185) zurückgewiesenen Anschauung Beides gleich setzen. Ebensowenig nun, wie man den Gesichtssinn ohne Farben oder den Gehörsinn ohne Tonscala als Qualitätenkreis bezeichnen würde, ebensowenig darf man unseres Erachtens von einem Wärme- oder Kälte-Sinn reden, und dies um so weniger, als die innere Erfahrung sehr bestimmt beide Temperaturwahrnehmungen als etwas Zusammengehöriges auffasst. Zu jener unrichtigen Vorstellung hat nicht unwesentlich beigetragen eine an sich recht nützliche, jedoch mit Vorsicht abzugrenzende Vergleichung zwischen dem Haut- und dem Gesichtssinn.[1] Nach den Lehren der Entwickelungsgeschichte ist das Auge als ein modificirtes Stück der äusseren Haut aufzufassen und der Lichtsinn mit dem Temperatursinn zu vergleichen, entsprechend der Aehnlichkeit zwischen den physikalischen Vorgängen des Lichtes und der strahlenden Wärme. Dagegen ist die von Preyer behauptete Analogie der continuirlich in sich zurücklaufenden Reihe der Farbenempfindungen mit der Reihe der Temperatur-Empfindungen zurückzuweisen. Es erscheint uns als eine ganz schiefe Auffassung, „dass die Empfindungen heiss und kalt gerade (!) so verschieden von einander sind und gerade so durch Uebergangs- oder Zwischen-Empfindungen mit einander zu einer stetigen Reihe verbunden sind, wie die Empfindungen der Farben-Wärme und -Kälte in Gelbroth und Grünblau.“[2] Denn die Scala der Farbenempfindungen enthält, abgesehen davon, dass sie an ihren beiden Enden nicht in Schmerz übergeht, eine Mehrheit von qualitativen Unterschieden, während die Temperaturempfindungen sich lediglich nach dem Mehr oder Weniger, d. h nach dem Gesichtspunkte der Quantität zu einer Stufenfolge anordnen lassen.

2. Das Verhältniss wird vielleicht noch klarer, wenn wir den von E. H. Weber eingeführten Begriff des „Nullpunktes“ zu Hülfe nehmen.[3] Soll die Vergleichung zwischen Licht- und Temperatur-Empfindungen — um die Farben einstweilen aus dem Spiele zu lassen — folgerichtig

---

[1] Vgl. Pflüger in Pflüger's *Archiv.* XV, 93 f. Bonn, 1877; Preyer, *Ebenda.* XXV, 75 ff. Bonn 1883.

[2] A. a. O. S. 78.

[3] Vgl. Weber in Wagner's *Hdb. der Physiol.* II, 2. S. 349; Fechner, *Elemente der Psychophysik.* II,[1] 325; Derselbe, *In Sachen der Psychophysik.*

Digitized by Google

durchgeführt werden, so muss Dunkelheit mit Kälte, Helligkeit mit Wärme verglichen werden. In der That nennt Pflüger Kalt „das Schwarz des Hautsinnes". In die Sprache der richtig aufgefassten „Differenztheorie" der Empfindung übersetzt würde das heissen: bei kalt und bei schwarz ist ein Minimum äusserer Erregung oder diejenige Erregung thätig, die mit der ständig in dem betreffenden Sinnesapparat vorhandenen am meisten übereinstimmt. Dies ist jedoch ersichtlich nicht der Fall. Das Minimum äusserer Reizung ist keineswegs jene Einwirkung, die der Mensch als kalt wahrnimmt, sondern jene andere, bei der der Mensch bloss seine eigene Körpertemperatur zu fühlen glaubt. Stecke ich den Zeigefinger in eine Kältemischung von — 10° C., so empfinde ich einen sehr starken und bestimmten Reiz; stecke ich ihn jedoch in Wasser von ungefähr + 31° C., so empfinde ich weder warm noch kalt, ich habe also eine Reizgrösse auf mich einwirken lassen, die von der im Sinnesorgan beständig thätigen nicht differirt oder, anders ausgedrückt, einem Minimum von Erregung entspricht. Der physiologische Nullpunkt der Temperaturempfindungen liegt demgemäss nicht an der untersten Grenze des Kalten; er liegt vielmehr zwischen Wärme und Kälte wie die Null zwischen positiven und negativen Grössen. Dagegen ist die absolute Finsterniss an der untersten Grenze des Schwarz der Nullpunkt der Lichtempfindungen, und die verschiedenen Grade der Erleuchtung, von der Dunkelheit bis zur grössten Helligkeit, sind positive Grössen. Münsterberg's Auffassung, nach der angenehme, mässige Helligkeit den Nullpunkt (Indifferenzpunkt) zwischen hellem und dunklem Nachbild darstellen soll, ist kaum durchzuführen.

Gegen den Ausdruck „Nullpunkt" hat man eingewendet, dass er die Abwesenheit jeglicher Temperaturempfindung bezeichne, was den Thatsachen widerspreche. Und sicherlich haben wir in dem Finger, der in Wasser von + 31° C. gesenkt ist, oder in dem ganzen Körper, der bei hinreichender Bedeckung sich in einer Zimmertemperatur von etwa + 18° C. befindet, eine positive Temperaturempfindung, die bei grösserer Aufmerksamkeit als ein schwaches und schwankendes Wärmegefühl erkannt wird. Indessen hat diese Wahrnehmung gar nichts mit dem Begriffe des Nullpunktes zu thun. Die „Null" bezieht sich lediglich auf die äusseren Reize, der geschilderte Empfindungscomplex jedoch auf den bleibenden Zustand des Sinnesorganes. Glaubt denn Jemand, dass der Nullpunkt der Lichtempfindung in der Abwesenheit

---

S. 31; Preyer, *Wissenschaftliche Briefe* von G. Th. Fechner und W. Preyer. S. 128 u. 132 f.; Hering in Hermann's *Hdb. der Physiol.* III, 2. S. 417—419. — Im Widerspruch zu Preyer's oben erwähnter Anschauung stehen wohl seine eigenen Angaben in den „Elementen der reinen Empfindungslehre." S. 20 f.

Digitized by Google

aller Empfindungen bestehe? Wird nicht auch in der grössten Finsterniss das Augenschwarz als solches wahrgenommen? Die Vorstellung des Nullpunktes ist nur für die objectiven Reize gebildet worden, die thatsächlich zu Null werden können, indem sie unterhalb der Merklichkeitsschwelle bleiben und der permanenten Erregung des betreffenden Organes (sowohl des peripherischen wie des centralen) freien Spielraum lassen. Daher nichts verkehrter als der Gedanke, das Bild mit der Null durch eine Vergleichung mit der 1 zu ersetzen, die in der Mitte zwischen echten und unechten Brüchen steht (zwischen Warm und Kalt) und selbst dabei ein Bruch $^1/_1$ (eine Wärmeempfindung) ist. Das Gleichniss hinkt auch noch an einer anderen Stelle: je mehr ein echter Bruch sich von der 1 entfernt, desto kleiner wird er, während die Kälteempfindung, je mehr sie von dem Zwischenpunkte zwischen Wärme und Kälte abweicht, an Stärke zunimmt. Es bleibt somit bei dem auf äussere Reize bezogenen Nullpunkt, von dem nach zwei Richtungen hin die Temperaturempfindungen in wachsender Grösse sich entfernen.

3. Schon aus diesen Betrachtungen folgt vielleicht, dass Wärme- und Kälteempfindungen als Qualitäten eines und desselben Sinnes und demnach als psychische Begleiterscheinungen der gleichen specifischen Energie aufgefasst werden müssen. Immerhin bleibt ein zweiter Einwand bestehen, der sich aus den möglicherweise vorhandenen getrennten peripherischen oder centripetalen oder centralen Organen für Kälte und Wärme ableitet. Gäbe es an einer oder der anderen oder gar an allen Stellen des Nervenverlaufes gesonderte Einrichtungen für jede der beiden Empfindungsarten, so könnte man geneigt sein, an zwei Modalitäten zu glauben. Die Berechtigung dieses weit verbreiteten Glaubens steht freilich auf thönernen Füssen. Denn von den Leitungsnerven werden bloss Hering und seine Anhänger eine Doppelheit der Function voraussetzen, und von der Localisation an der Oberfläche des Grosshirns wissen wir nichts und sind höchstens berechtigt, einen Bezirk für die Temperaturempfindungen überhaupt anzunehmen. Es bleiben also die peripherischen Apparate. Hier ist in der That eine Verschiedenheit zweier Endapparate zu einer in der Physiologie geläufigen Vorstellung geworden, nachdem die Beobachtung einen wirklichen Beweis erbracht zu haben schien.

Es handelt sich im Folgenden um die Wärme- und Kältepunkte, die zuerst Blix, fast gleichzeitig Goldscheider und Donaldson entdeckt haben.[1] Ohne vorwegzunehmen, was wir in späteren Capiteln von den

[1] Wichtigste Litteratur: Magnus Blix, Experimentelle Beiträge zur Lösung der Frage über die specifische Energie der Hautsinnesnerven. *Zeitschr. für Biologie.* XX,

Digitized by Google

Druck- und Schmerzpunkten zu sagen haben, beschäftigen wir uns hier bloss mit den punktförmigen Endorganen der Temperaturempfindungen. Ihre Feststellung, das liegt auf der Hand, kann nicht dadurch erledigt werden, dass Hautstellen, welche die Berührung mit einer warmen bezw. kalten Metallspitze intensiver warm bezw. kalt als andere Hautstellen empfinden, einfach angemerkt werden. Ich erwähne es bloss, weil Wundt und Ziehen[1] dies Verfahren vorschlagen. Der Nachdruck liegt vielmehr auf der Erzeugung der specifischen Empfindung durch die unmittelbaren Nervenreize. Blix glaubt denn auch festgestellt zu haben, dass „elektrische Reizung verschiedene Empfindungen an verschiedenen Hautstellen bewirken kann".[2] Goldscheider dehnte dann diese Behauptung auf die mechanischen, thermischen und chemischen Reize aus und vervollkommnete das Untersuchungsverfahren.[3] Er spricht geradezu von Kälte- und Wärmenerven. „Jeder Erregungszustand derselben, mag er durch den adaequaten oder durch einen allgemeinen Nervenreiz veranlasst sein, mag er von den Endorganen oder von einer Reizung in der Continuität des Stammes ausgehen, wird bei jenen als Kälte, bei diesen als Wärme empfunden, und zwar ausser dieser einen Empfindung ist der Temperaturnerv einer anderweitigen nicht fähig."[4]

In diesem Satze sind zwei Behauptungen enthalten, die von anderen Forschern nicht bestätigt werden konnten. Einmal das Auftreten der Temperaturempfindung bei Stammesreizung, worüber wir nachher ausführlich werden berichten müssen, sodann die Angabe, dass auf den Temperaturpunkten andere Empfindungen, namentlich die des Druckes und Schmerzes nicht auszulösen sind.[5] Gegen das Fehlen der Berührungsempfindungen erhebt Donaldson,[6] gegen die Abwesenheit des Schmerzes Ziehen[7] begründeten Einspruch. — Was die Art und Weise der Erregung anlangt,

---

140 ff. 1884; Goldscheider, Die specifische Energie der Temperaturnerven. *Monatsh. f. prakt. Dermatol.* III, 7. S. 1 ff. 1884; Derselbe, Neue Thatsachen über Hautsinnesnerven in *diesem Arch.* 1885. Suppl. Bd. S. 1 ff.; Donaldson, On the temperature-sense. *Mind.* X, 399 ff. 1885.

[1] Wundt, *Ph. Ps.*[3] I, 395; Ziehen, *Leitf.* S. 43.

[2] A. a. O. S. 146.

[3] Eine sehr übersichtliche Darstellung desselben giebt Sanford im *Amer. Journ. of Psychology*, IV, 1. S. 144. 1891. Goldscheider's eigene Angaben über Alles, was mit den Punkten zusammenhängt, sind in umfangreichen Abhandlungen verstreut und manchmal nicht ganz bestimmt und durchsichtig.

[4] *Dies Archiv.* 1885. S. 30.

[5] Vgl. *Monatsh.* S. 8 u. 9.

[6] A. a. O. S. 412.

[7] A. a. O. S. 85.

Digitized by Google

so ist Goldscheider's flächenhafte Druckreizung auch noch niemals in ihren Folgen bestätigt worden. Unser Forscher benutzte einen Korkhammer aus weichem Kork, dessen tiefes Eindrücken in die Haut punktförmige aufblitzende Kälteempfindungen, seltener Wärmeempfindungen wecken soll. Bei tiefstem Eindruck werde manchmal das Temperaturgefühl ein ganz bestimmt warmes oder kaltes, manchmal entstehe ein Wettstreit der Qualitäten. Drücke man den Kork leicht erwärmt gegen die Stirn, so könne man unter Umständen beobachten, wie das erste Wärmegefühl sehr bald einer merklichen Kühle Platz mache, die noch nach Entfernung des Druckes nachdauere, obwohl sich der abgenommene Kork noch warm anfühlt; und an manchen für Wärmeempfindung besonders geeigneten Stellen rufe kaltes Metall beim tiefen Druck deutliches Wärmegefühl hervor. Die beiden letztgenannten Versuche sind leicht zu verificiren. Ich sehe aber nicht ein, inwiefern man zu ihrer Erklärung der Temperaturpunkte bedarf; es genügen zur Erläuterung völlig die bekannten Erscheinungen der Ermüdung und des Contrastes. Die vom erwärmten Kork berührte Hautstelle ermüdet rascher als die im Kork enthaltene Wärme nachlässt, und die nunmehr in der Haut vorhandene normale Temperatur erscheint nach dem Gesetze des successiven Contrastes als kühl. Die schwache Kälteempfindung beim Metalldruck verschwindet und macht jener natürlichen Wärmewahrnehmung Platz, die immer entsteht, sobald die Haut irgendwo an ihrer normalen Wärmeabgabe verhindert wird.[1] Was endlich den Grundversuch angeht, dem zufolge die flächenhafte Berührung punktförmige Kälteempfindungen nach sich ziehen soll, so muss ich leider erklären, dass er weder bei mir, noch bei sechzehn Versuchspersonen gelungen ist. Wir haben sammt und sonders, trotz unzähliger Wiederholungen, nichts anderes als Druck wahrgenommen. Es wäre doch auch gar zu seltsam, wenn bei den vielen alltäglich auf uns wirkenden mechanischen Hautreizungen niemals die supponirte Temperaturempfindung bemerkt werden sollte. Wie oft wird im Laufe einer Stunde die Haut gedrückt, ohne dass nur ein einziges Mal annähernd eine solche Empfindung entsteht, wie die durch die leiseste Berührung mit einem kalten Gegenstande erzeugte! Man könnte zur Entschuldigung sich auf die gewöhnlich unterschwelligen Mouches volantes berufen; indessen handelt es sich dort um organische, durch keinerlei äusseren (mittelbaren oder unmittelbaren) Reiz bedingte Vorgänge, und es

[1] Ganz ähnlich lassen sich Goldscheider's, gleichfalls von mir nachgeprüfte Experimente mit Mentholstift und Kohlensäure erklären, was keines Detailbeweises bedarf. Vgl. Ueber die specifische Wirkung des Menthols auf die Temperatur-Nerven. *Verh. der Berl. Physiol. Ges.* 9. April 1886. *Dies Archiv.* 1886; Die Einwirkung der Kohlensäure auf die sensiblen Nerven der Haut. *Ebenda.* 25. November 1887. *Dies Archiv.* 1888.

Digitized by Google

steht andererseits fest, dass jeder Druck auf den Augapfel Lichtwahrnehmungen setzt.

Bleibt demnach nur die punktförmige Reizung. Sie setzt sich aus zwei Stadien zusammen: im ersten werden mittelst erwärmter oder abgekühlter Messingcylinder diejenigen Stellen bestimmt, auf denen die Wärme bezw. Kälte stärker gefühlt wird, im zweiten wird versucht, durch mechanisches oder elektrisches Reizen an den bezeichneten Punkten die bezeichneten Empfindungen zu wecken. Die Einzelheiten der sehr vorsichtig auszuführenden Untersuchung findet man in Goldscheider's Schriften. Hr. Privatdocent und Stabsarzt Dr. Goldscheider hatte ausserdem die Güte, mir das Verfahren persönlich zu zeigen und an verschiedenen Stellen meiner Hand und meines Armes anzuwenden. Ich selbst habe dann einige fünfzig Mal an verschiedenen Stellen meines Körpers experimentirt und im April wie October 1890 sechzehn Herren, die sich mir in sehr freundlicher Weise zur Verfügung stellten, als Versuchspersonen benützt.

Von diesen Versuchspersonen haben sich zwei sofort als unbrauchbar erwiesen, weil sie bei jeder Art von Reizung unangenehme, ja schmerzhafte Empfindungen hatten und jede genauere Selbstbeobachtung eben wegen solcher Gefühle für unmöglich erklärten. Von den Uebrigen gehören zehn in dieselbe Classe wie ich. Bei ihnen gelingt es mehr weniger leicht, den ersten Theil der Untersuchung auszuführen, aber sie empfinden nie im zweiten Theile der Untersuchung Wärme oder Kälte beim Aufsetzen der Holz- oder Elektroden-Spitze. Das Ergebniss der Prüfung ist demnach ein negatives. Trotzdem bleibt zu erklären, wieso der gleichmässige Temperaturreiz an einzelnen Stellen nicht wirkt. Der Hauptgrund ist jedenfalls der, dass der Reiz in Wirklichkeit nicht gleichmässig ist: die warme Messingspitze kühlt sich bald ab, die kalte erwärmt sich schnell und auch innerhalb kleinster Felder schwankt die Empfindlichkeit, vielleicht sogar die Dicke der Oberhaut. Dazu kommt, dass scharfbegrenzte Temperaturreize eine kreisförmige hyperaesthetische Zone um den Ansatzpunkt herum schaffen. Setze ich an einem beliebigen Punkte eine warme Spitze auf, so ist ein kleiner Bezirk in der Umgebung für die nächsten Augenblicke schwächer wärmeempfindlich — nebenbei bemerkt aber stärker kälteempfindlich — als unter gewöhnlichen Verhältnissen. Berühre ich nach einiger Zeit denselben Punkt mit kalter Spitze, so wiederholt sich das gleiche Schauspiel für die Kälteempfindung. Erwägt man endlich, dass bei allen derartigen Versuchen die Spitzen sehr ungleich stark aufgesetzt werden, dass bald hier bald dort stärker eingedrückt und somit auch der Temperatur-Reiz deutlicher gemacht wird, so darf man wohl den Wechsel in der Stärke der Temperaturempfindungen bei entsprechender Reizung für erklärt ansehen.

Digitized by Google

Vier meiner Versuchspersonen haben zwar ohne vorherige Mittheilung auf die mechanische und elektrische Erregung nur durch die angepassten Empfindungen, aber, nachdem sie über den Zweck der Vornahme unterrichtet waren, gelegentlich auch durch Empfindungen der Wärme und Kälte reagirt. Ich kann jedoch auf Grund der eingehenden Protokolle constatiren, dass die im zweiten Theile als warm- oder kaltempfindlich bezeichneten Punkte unter 174 Fällen nur dreizehnmal mit den vorher fixirten Punkten sich deckten. Es scheint mir hiernach zweifelhaft, ob man ein Ursachverhältniss annehmen darf, und zwar um so mehr, da es bekannt ist, in wie hohem Maasse gerade die Haut zu Illusionen Anlass giebt.[1] Ich möchte solche Temperaturempfindungen für Sinnestäuschungen und ihr Zusammenfallen mit geeigneten Stellen, zumal es nach meinen Erfahrungen $8^1/_2$ Procent nicht übersteigt, für Zufall halten. Ist es doch geradezu ein Kunststück, Suggestionen dabei zu vermeiden, beispielsweise stärkeres Drücken oder längeres Verweilen bei den ausgezeichneten Punkten. Immerhin brauchen die fast durchgängigen Misserfolge eines Experimentators noch nicht als letztes Wort in der Angelegenheit zu gelten; was aber gefordert werden muss, das ist: erneute Prüfung unter verschärften Vorsichtsmaassregeln[2] von Seiten solcher Experimentatoren, die sich nicht auf die eigene Person beschränken, sondern ihre Forschungen auf Unbefangene ausdehnen.

Ja, ich will noch weitergehen und für den Augenblick einmal die absolute Richtigkeit aller Goldscheider'schen Selbstbeobachtungen voraussetzen. Die punktuellen Temperaturempfindungen mögen deutlich und sicher sein.[3] In welcher Beziehung stehen dann die Punkte zum Nervenverlauf? Da jeder der „Punkte" eine verhältnissmässig ausserordentliche Grösse besitzt, kann er nicht der Terminalkörper einer Faser sein, sondern nur der mehrerer. Diese in ihm endenden Fasern sind entweder sämmtlich für eine der beiden Qualitäten, oder abwechselnd für Wärme oder für Kälte empfänglich. Die erste Möglichkeit haben wir bereits im zweiten Theile der Abhandlung zurückweisen müssen, die andere erledigt sich durch denselben Einwand, der schon gegen die Goldscheider'sche Erklärung

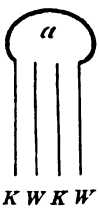
[1] G. Stanley Hall (*Mind* X, 571) und der Verfasser beobachteten beim Hin- und Herbewegen eines stumpfen Punktes über die Haut „points of cutting, pain, quivering, thrilling, whirling, tickling, scratching and acceleration." Selbst der begeisterteste Anhänger der Punkte-Theorie wird hier von „Endorganen specifischer Energien" absehen.

[2] Sie sind in dem Abschnitt über Berührungsempfindungen angegeben.

[3] A priori spricht dagegen — und desshalb sei es in einer bescheidenen Note angemerkt —, dass die Wahrnehmungen der Wärme bezw. Kälte mit abnehmender Ausdehnung der Reizfläche selber an Intensität abnehmen. Man versuche einmal, wie schwer es ist, eine warme Stecknadelspitze von einer kalten zu unterscheiden.

Digitized by Google

der gewöhnlichen Temperaturreizung erhoben worden ist, dass nämlich die differenten Empfindungen sich bei jeder Reizung compensiren würden. Angenommen *a* sei ein „Punkt" und werde mitsammt den in ihm endigenden Fasern gereizt, so entstehen je zwei Wärme- und Kälteempfindungen, die für das Bewusstsein sich aufheben oder zu einem Mischgefühl verschmelzen müssten. Oder setzen wir voraus, *a* stelle einen grösseren Hautbezirk dar und umfasse zufällig je zwei Wärme- und Kältepunkte; der Theorie zufolge würde nun eine Warmberührung, wie Goldscheider auch in der That beobachtet zu haben glaubt, die Kältepunkte zu der ihnen eigenthümlichen Leistung veranlassen und so wiederum eine in Wirklichkeit nicht eintretende Compensation hervorrufen.



Es bleibt, soweit ich es zu übersehen vermag, nur noch der Weg, dass man den Endapparat selber für denjenigen Theil erklärt, in dem die specifische Energie sitzt.[1] Wenn man diejenigen peripherischen Organe Wärme- (Kälte) Punkte nennt, die auf jeden beliebigen Reiz mit Erweckung der bestimmten Wärme- (Kälte) Empfindung antworten, dann sind sämmtliche Versuchsergebnisse widerspruchslos erklärt. Das kann jedoch so lange nicht zugegeben werden, als wir die aus der übrigen Sinnesphysiologie gewonnene Anschauung von der Nothwendigkeit und Zweckmässigkeit der Sinnesapparate auch für den Hautsinn aufrecht erhalten wollen. Wir erinnern uns, dass die Function der Endorgane in der Umwandlung unwirksamer Reize zu wirksamen Nervenreizen besteht. Die Lamellen des Corti'schen Organes und die Stäbchen der Netzhaut, die Riechzellen und die Schmeckbecher besitzen aus dem Grunde eine Daseinsberechtigung, weil nur mit ihrer Hülfe verschiedene physische Vorgänge in nervenerregende Processe verwandelt werden. Sie sind aber sammt und sonders für die unmittelbaren Reize unempfänglich. Dasselbe Verhältniss ist für den Hautsinn zu fordern. Die vermeintlichen Punkte können bloss den Sinn haben, die Wärme- bezw. Kälte-Schwingungen in Reize umzusetzen; sie haben aber nichts, gar nichts mit den mechanischen und elektrischen Irritamenten zu thun. Das Verhältniss zwischen dem Nerven in seiner Continuität und dem Punkte lässt sich annähernd so verdeutlichen:

Der Nerv.	Der „Punkt".
Erregbar durch Druck und Elektricität;	Erregbar durch Temperatur;
Nicht erregbar durch Temperatur.	Nicht erregbar durch Druck und Elektricität.

[1] Das thut z. B. Eulenburg in *Monatsheften f. prakt. Dermatologie.* IV, 1. 1885. Goldscheider begeht diesen Fehler nicht, vermeidet es aber, die nöthigen Folgerungen zu ziehen. Vgl. *dieses Archiv.* 1885. Suppl. S. 23 ff.

Digitized by Google

Das Schema ist zwar nicht ganz richtig, es genügt uns aber hier zur Klarlegung. Denn nunmehr erkennen wir leicht, welche vier Versuchsreihen anzustellen waren, um die Frage nach der qualitären oder modalen Natur der Wärme- (Kälte) Wahrnehmungen zu entscheiden. Anstatt die Punkte mechanisch-elektrisch zu prüfen, müsste man die Prüfung unterhalb der Oberhaut eintreten lassen, damit die Nerven unmittelbar getroffen werden. Es gelingt das unschwer, indem man bei Personen mit geringem Fettpolster mittels der Pravaz'schen Spritzen-Canüle einsticht, die Oeffnung allmählich etwas weitet, was keinen Schmerz verursacht, und nun einen Messingstift einführt, der in den verschiedensten Schichten mechanisch und, wenn mit dem Strom verbunden, elektrisch zu reizen vermag. Die Handhabung erfordert Uebung. Bei mir und sechs Versuchspersonen sind daraufhin dumpfe Druckempfindungen, Prickel- und Schmerzgefühle, in keinem Falle jedoch Temperatur-Wahrnehmungen aufgetreten. Das stimmt übrigens mit den Erfahrungen bei äusserer Reizung von Nervenstämmen überein. Andererseits habe ich in ähnlicher Weise durch subcutane Injectionen von warmem und kaltem Wasser vergeblich die Nerven zu Temperaturempfindungen anzuregen mich bemüht. Endlich bleiben noch zwei Einwendungen zu erwähnen, die aus dem allgemeinen Theile her uns geläufig sind. Die physikalische Elektivität der peripherischen Endapparate darf nicht als Erweiterung des alten Gesetzes der specifischen Energien aufgefasst, und es darf ferner nicht übersehen werden, dass auch elektrische Reizungen mit Wärmeentwickelung verbunden sind.

Soviel über die sogen. Blix'schen Punkte. Das Ergebniss der Untersuchung ist für sie nicht gerade günstig, sowohl in Betreff ihrer Existenz als auch ihrer event. Bedeutung. Wir nehmen also zunächst nicht an, dass Kälte- und Wärme-Empfindungen auf zwei verschiedene specifische Energien zurückgehen, wie man es aus zwei Rücksichten bisher mehrfach gethan hat. Die Einen (z. B. Herzen) wollten den Temperatursinn in zwei neue Sinne spalten, die Anderen (z. B. Goldscheider) die Helmholtz'sche „Erweiterung" des Müller'schen Gesetzes auf unseren Sinn übertragen. Beide Versuche halten wir für verfehlt und beschränken vor der Hand die specifische Energie auf den gesammten Temperatursinn ohne Unterschied der Qualitäten. Ob nun überhaupt eine specifische Energie angenommen werden muss, werden wir fernerhin an drei Stellen unserer Erörterung sehen: wann wir von der Stammesreizung, der Externalisation und der centralen Localisation zu handeln haben. Jedenfalls hat sie zu dem peripherischen Endapparat keine Beziehung. Der Endapparat des Temperatursinnes ist ein einheitlicher und steht in unmittelbarer Abhängigkeit zur Art des Reizes. Mag also für die Modalität allenfalls die Interpretationslehre Geltung besitzen — für die Qualitäten

Digitized by Google

tritt die Identitätslehre in ihre Rechte. Jene völlige Unabhängigkeit des Nervenprocesses von der Natur des Reizes, wie sie der Hauptvertreter der Interpretationisten, Helmholtz, fordert, erscheint uns als unbewiesen in Bezug auf Wärme und Kälte. Ebensowenig jedoch brauchen wir nothwendigerweise mit Hering und Stumpf[1] die Qualitäten als Fähigkeiten aller Fasern zu paarweisen Erregungen in Dissimilation und Assimilation anzunehmen und dadurch den Nervenverlauf mit einem doppelten Vermögen zu belasten. Wir denken uns vielmehr, dass bei der Kälteempfindung die Hautwärme durch Abgabe nach Aussen sinkt, hierdurch der Endapparat sich ausdehnt und durch diesen Vorgang der Ausdehnung einen ganz bestimmten Reiz an den Nerven übermittelt, während ein andersartiger Reiz an das Centrum gelangt, sobald die Hautwärme durch Zufuhr von Aussen oder durch Behinderung ihrer normalen Ausstrahlung steigt und der Endapparat sich verdichtet. Es ist ein doppelter chemischer Molecularvorgang, der durch die indifferenten Nervendrähte an die Centralstation gemeldet wird.[2]

B. Die Reize für Temperaturempfindungen.

1. Da die Unterschiede von Wahrnehmungsmodalitäten Unterschieden in der Geschwindigkeit der Reizschwingungen entsprechen, so lassen sich die Grenzen[3] für diese ungefähr in Zahlen angeben. Die obere Grenze liegt etwa bei 500 Billionen Schwingungen in der Secunde, die untere diesseits der 36 000 betragenden Grenze der Schallschwingungen. Während aber Lichtwellen- und Schallwellenzüge je nach der Häufigkeit ihrer Vibrationen verschiedene Qualitäten der Wahrnehmung, d. h. Farben einerseits, hohe oder tiefe Töne andererseits, erzeugen, werden im Bereiche der dazwischen liegenden Temperaturreize Wellenzüge von verschiedener Länge

---

[1] *Tonpsychologie.* II, 124.

[2] In betreff der Temperaturpunkte, deren „Auffindung" ich also wesentlich der missleiteten Aufmerksamkeitsconcentration zuschreiben möchte, schrieb mir E. Brücke im Anschluss an eine Bemerkung in seinen *„Vorlesungen"*: „... Es ist mir kein Zweifel darüber geblieben, dass kalte Körper von der Haut nicht gleichmässig als solche gefühlt werden, sondern nur an gewissen Stellen, aber ich legte den Hauptwerth auf die Versuche mit dem Inductorium (unipolare Inductionsschläge). Für mich waren deren Resultate nicht hinreichend deutlich. Die jungen Leute, welche sich im Laboratorium damit beschäftigten, glaubten anfangs auch hier die Angaben von Blix bestätigen zu können, als aber die Temperaturpunkte mit Farben bezeichnet und ihnen die Augen verbunden waren, antworteten sie bei elektrischer Reizung derselben nicht exact genug, als dass ich die Sache reif zur Publication gehalten hätte..."

[3] Die Grenzen der Qualitäten der Temperaturwahrnehmungen sind nach unten die Unmerklichkeit, nach oben der Schmerz.

Digitized by Google

und Schwingungsdauer nicht merklich. Das Verhältniss zwischen Licht und Wärme stellt sich demnach folgendermaassen: die Haut nimmt zwar alle hergehörigen Strahlen, leuchtende wie unsichtbare, wahr, und das Auge nur den oberen Theil, aber jene fasst nur zwei Qualitäten auf und localisirt schlecht, dieses dagegen kennt viele Qualitäten und besitzt die vortrefflichsten Distinctionsmittel. Nur in seltenen Fällen (leuchtende Thiere, leuchtender Schweiss) wird eine berührbare Wärmequelle zugleich Lichtquelle.

Auch in Bezug auf die Intensität der Temperaturempfindung nehmen die Wärmereize eine Sonderstellung ein.[1] Die lebendige Kraft ihrer Bewegungen, wie sie sich der Haut mittheilt, bestimmt nicht schlechthin den Stärkegrad der Kälte- oder Wärmewahrnehmung, sondern es tritt als zweiter Ausgangspunkt hinzu die Eigenwärme der Haut, die je nach der Oertlichkeit und in Folge organischer Einflüsse sowohl wie der Anpassungsfähigkeit an die Aussenwelt hin- und herschwankt. Die Bedeutung dieser Factoren gegen einander abzuwägen, ist eine der schwierigsten Aufgaben der Theorie des Temperatursinnes. — Die Wahrnehmungsintensität steht ferner in Beziehung zur Eintheilung der Reize überhaupt. Erinnern wir uns der Erörterungen, die der allgemeine Theil unserer Abhandlung hierüber brachte, und erwägen wir, dass Temperaturreize innerhalb gewisser Grenzen mit zunehmender (abnehmender) Ausbreitung stärkere (schwächere) Empfindungen hervorzurufen scheinen, so werden wir die Temperaturreize unschwer in die dritte Classification einreihen können. Ob die erwähnte Thatsache lediglich durch Summation sei es physischer oder psychophysischer Elementarvorgänge zu erklären ist, steht nicht fest. Fechner[2] macht mit Recht darauf aufmerksam, dass der Temperaturunterschied zwischen der in warmes Wasser eingetauchten Fläche und dem übrigen Körper durch die ausgleichende Blutströmung vermindert werden muss, mehr und schneller aber bei einer kleinen als bei einer grossen eingetauchten Fläche, wie ein Glas warmes Wasser unter denselben äusseren abkühlenden Einflüssen leichter erkaltet als ein Fass.

2. Ueber die Temperaturreize lassen sich nun die sechs früher gegebenen Sätze aufstellen, die ihnen nicht eigenthümlich, sondern mit den meisten anderen Reizen gemeinsam sind. Aber bloss einige unter ihnen bedürfen näherer Erläuterung.

a) Schwache bis mässig starke Temperaturen erregen Lustgefühle, darüber hinausgehende, sowie alle intermittirenden Reize erzeugen Unlust.

---

[1] Brücke, *Vorlesungen über Physiol.*[4] I, 59, II, 598 u. 605; Wundt, *Physiol. Psychol.*[3] I, 296; G. E. Müller, *Zur Grundlegung der Psychophysik.* S. 218 f. Ueber den physikalischen Zusammenhang zwischen Licht- und Wärmeentwickelung s. E. Wiedemann in Wiedemann's *Annalen.* N. F. XXXVII, 177 ff.

[2] *Elemente der Psychophysik*[1] II, 69.

Digitized by Google

Von der Thatsächlichkeit der ersten Behauptung hat jeder Mensch unzählige Male Kenntniss genommen; von der der letzteren überzeugt man sich leicht, wenn man mit zwei Fingerspitzen auf je einer kalten und einer warmen Metallscheibe in schnellem Zeitmaasse trommelt: es tritt dann bald ein peinliches Gefühl ein, das am besten mit der Unlust beim Flackern einer Flamme zu vergleichen ist.

b) Dauernde Temperaturreize werden abwechselnd bald sehr deutlich bald verschwommen empfunden. — Urbantschitsch hat zuerst experimentell nachgewiesen, dass manche Sinneswahrnehmungen steten physiologischen Schwankungen ihrer Intensität ausgesetzt sind. Von dem Temperatursinn bemerkt er im Besonderen: „Stecke ich meine beiden Zeigefinger in ein sehr warmes Wasser, so zeigt sich das Wärmegefühl äusserst schwankend; von Zeit zu Zeit fühle ich in einem der beiden Finger ein rasch zunehmendes Hitzgefühl, das bald in eine Schmerzempfindung übergeht, während gleichzeitig am anderen Finger nicht einmal eine besondere Wärmeempfindung hervortritt . . . . Manchmal tritt die Wärmeempfindung an beiden Fingern gleichzeitig auf oder ist wieder vorübergehend an keinem Finger bemerkbar; ähnliche Erscheinungen finden sich betreffs der Kälteempfindung vor.“ [1]

Man sieht, es bedarf für den Temperatursinn der Feststellung, Messung und Erklärung solcher Schwankungen. Versuche in Urbantschitsch's Weise sind nun sicherlich unzureichend, denn sie muthen der Aufmerksamkeit zu viel zu. Zwei Finger, noch dazu an beiden Händen, beobachten, das heisst dasselbe verlangen, wie die Beobachtung zweier Töne oder zweier Masson'scher Scheiben, das heisst mit anderen Worten ein neues Problem aufstellen und zwar das der Spaltung der Aufmerksamkeit. Um die hier vorliegende Frage zur Entscheidung zu bringen, müsste man einen gleichmässigen Temperaturreiz auf eine scharf begrenzte Hautstelle wirken lassen. Das Nächstliegende, nämlich die Berührung mittels erwärmter oder abgekühlter Gegenstände ist deshalb unzweckmässig, weil es niemals gelingt, den Druck gleichmässig in derselben Stärke zu erhalten. Desgleichen erscheint es nicht angebracht, einen Finger oder ein Fingerglied in warme Flüssigkeit zu tauchen und den statthabenden Wechsel der Empfindungsstärke zeitmessend zu registriren. Es treten zwar deutliche Schwankungen auf, aber diese sind fraglos von den unvermeidlichen Bewegungen des Fingergliedes abhängig: eine jede solche Bewegung hat einen neuen Anprall der Flüssigkeit und somit einen veränderten Reiz zur Folge — uns

[1] Pflüger's *Archiv.* XXVII. S. 452.

Digitized by Google

jedoch kommt es gerade auf die völlige Stetigkeit der Einwirkung an. Ausserdem stört die Ungleichheit der Empfindung an Dorsal- und Volarseite ganz empfindlich. Ich habe deshalb zu folgendem Verfahren gegriffen. Auf eine Hautstelle, und zwar in meinen Versuchen auf den Ort der Pulsation der linken Radialarterie, wird eine anschliessend gearbeitete Holzplatte mit einem kreisrunden Loch von 15 mm gelegt. Senkrecht über der Oeffnung befindet sich ein ad maximum glühender Paquelin'scher Thermokauter und zwar in einem Abstande, in dem eine praegnante Wärme gefühlt wird. Der Themokauter ist durch eine Hülfsvorrichtung festgehalten, die Hand durch Anbinden fixirt. Unter diesen, die Bewegung ausschliessenden Umständen treten auch Schwankungen auf, welche, gerechnet vom Beginne des ersten (zweiten, dritten u. s. w.) Verschwindens bis zum Beginne des zweiten (dritten, vierten u. s. w.) Verschwindens, bei mir und einer anderen Versuchsperson innerhalb der Grenzen von zwei bis acht Secunden ohne jede erkennbare Gesetzmässigkeit schwankten, jedenfalls also nicht periodisch genannt werden können. Augenscheinlich waren Frequenz und Stärke der Pulsation, sowie überhaupt die Veränderungen im Kreislaufe von entscheidendem Einflusse; Modificationen der Athmung dagegen schienen keine bedeutende Abweichung zu setzen. Die Intervalle erhöhten sich durch Ablenkung der Aufmerksamkeit mittels Kopfrechnens bis auf zwölf Secunden.

c) Von mehreren auf einander folgenden gleichen Temperaturreizen werden die ersten gleichmässig, die folgenden verstärkt, die letzten abgeschwächt empfunden. — Die Versuche, die dieser These zu Grunde liegen, unterscheiden sich von den unter *b* erwähnten wesentlich durch die Pausen, dadurch, dass nicht continuirlich, sondern in Intervallen gereizt wird; unwesentlich dadurch, dass die Bewegungen der Sinnesfläche hier keine erhebliche Rolle spielen. Ich habe mich anfangs einer Vergleichsmethode bedient, die darauf hinauslief, die Empfindungen bei wiederholtem Hineinstecken eines Fingers in heisses Wasser mit denen beim Eintauchen in noch höher temperirtes zu vergleichen. In der That entspricht die empfundene Wärme, nachdem der Finger in gleicher Dauer und gleichen Abständen vier Mal in Wasser oder Quecksilber von 55° C. war, annähernd der sonst bei 58° gefühlten. Doch ist dies Verfahren nicht bis zur nöthigen Genauigkeit zu vervollkommnen. Derselbe Finger, weil überreizt, lässt sich zur Vergleichung erst dann verwenden, wann das Erinnerungsbild fast völlig verwischt ist, und ein anderer Finger, selbst der entsprechende der zweiten Hand, setzt abweichende Versuchsbedingungen. Allein dergleichen leicht zu wiederholende Versuche besitzen wenigstens den Werth der Orientirung. Zu demselben Zwecke kann man

Digitized by Google

folgendes einfache Experiment anstellen. Man tauche das letzte (Kuppen-) Glied des rechten Zeigefingers in Wasser von 55° C., lasse es eine Secunde lang darinnen, warte dann vier Secunden, bis man es von Neuem hineinsteckt und wiederhole es zehn Mal. Bei jeder Wiederholung wird man eine Erhöhung der Wärme und beim letzten Male sogar einen stechenden Schmerz wahrnehmen.

Die Wirkung der Folge gleicher Reize lässt sich indessen praeciser darstellen und sogar in Zahlen niederschlagen, sobald auf die natürliche Voraussetzung zurückgegangen wird, dass die Schnelligkeit, mit der bei Temperaturreizen höherer Grade der Schmerz eintritt, ein Maass für die Intensität der empfundenen Wärme oder Kälte abgiebt. Während eine hohe Temperatur schnell in Schmerz übergeht, dauert es bei einer niedrigeren länger; wenn demnach durch wiederholte Application desselben Reizes die Zeitdifferenz zwischen Wärme- und Schmerzgefühl sich verringert oder vergrössert, sind wir berechtigt, von einer Erhöhung oder Verringerung der Intensität der Temperaturempfindung zu sprechen und diese den gefundenen Zeitunterschieden direct proportional zu setzen. Hiernach ergab sich folgende Versuchseinrichtung. In eine Porzellanschale wurde soviel Quecksilber gefüllt, dass es den senkrecht bis auf den Boden eingetauchten linken Zeigefinger bis zur Verbindungslinie der dritten (distalen) und zweiten Phalange bedeckte. Die Versuchsperson schloss den durch ein Hipp'sches Chronoskop gehenden Strom bei der Wärmeempfindung und öffnete ihn bei der Schmerzempfindung. So wurden mit möglichst grosser Geschwindigkeit 11 bis 21 Versuche[1] hintereinander vorgenommen; die Dauer des einzelnen Experimentes wurde durch Division der Anzahl der Experimente in die notirte Zeitdauer der ganzen Reihe durchschnittlich berechnet. Als Versuchspersonen dienten ausser dem Verfasser, der freilich wegen der Schwierigkeit der Registrirarbeit sich meistens dieser widmen musste, die HH. Oberst von Bentivegni und Dr. phil. Wreschner, denen aufrichtigster Dank wegen ihrer gütigen Unterstützung gebührt.

Um ein Bild von den gewonnenen Resultaten zu gewinnen, mögen zunächst drei Tafeln der Rohversuche wiedergegeben werden. Die Zahlen, die Tausendstel Secunden darstellen, bezeichnen das zwischen Wärme und Schmerz verflossene Zeitintervall; die Dauer des Einzelexperimentes betrug etwa sieben Secunden; das im Quecksilber stehende und durch einen Halter getragene Thermometer zeigte 60° C.

[1] Sie ergeben zehn bis zwanzig Differenz-Zahlen.

Digitized by Google

Datum	v. B.	Datum	Wr.	Datum	M. D.	Bemerkungen
11./V.	1562	18./III.	1815	26./III.	1300	
1891	1278	1891	1831	1891	1120	
	1014		1742		983	
	894		1326		926	
	872		1105		717	
	*1990		913		634	* bedeutet
	776		852		520	jedesmal:
	674		901		594	Fehlversuch
	800		637		* 116	
	712		708		952	
	923		695		888	
	885		643		1097	
	1002		615		996	
	957		678		1124	
	1099		859		1263	
	1131		916		1179	
	1296		1004		1132	
	1359		1520		1215	
	1500		1244		1168	
	1792		1319		1103	

In jeder dieser Reihen sind drei Stadien leicht kenntlich: das erste und kürzeste enthält ziemlich gleichmässige, das zweite und längste kürzere, das dritte wieder längere Zahlen. Auf dasselbe Verhältniss stossen wir bei den übrigen Reihen, die im Mittel folgende Zeiten geliefert haben:

Vers.-Person	Datum	Dauer jedes Exp.	Zahl der Exp.	°C.	Arithm. Mittel.	Mittlere Variation	Bemerkungen
		Sec.			Vers.	Vers.	
v. B.	1./V. 1891	6·6	18	60	1—5: 1432	1—5: 252	Im 6. bis 12. Versuch wird der Schmerz durchgängig als intensiver bezeichnet; ebenso in Reihe 2 beim 5. bis 10. Versuch
					6—12: 847	6—12: 133	
					13—18: 1136	13—18: 112	
v. B.	8./V.	7·1	10	60	1—4: 1471	1—4: 245	
					5—10: 1162	5—10: 94	
v. B.	11./V.	6·9	18	65	1—5: 813	1—5: 813	
					6—12: 592	6—12: 87	
					13—18: 764	13—18: 144	

Digitized by Google

Wenn nicht Alles täuscht, ergiebt sich hieraus die Richtigkeit unseres letzten Satzes für die Wärmeempfindungen; dass es sich bei Kälte ebenso verhält, darf vielleicht vorausgesetzt werden. Und hiermit hätten wir auch das Wichtigste von dem erschöpft, was den Temperaturreizen mit anderen Reizgruppen gemeinsam und in knappe Formeln zu fassen ist. —

Die besonderen Eigenthümlichkeiten der Temperaturreize, soweit sie physiologisch in Betracht kommen, beziehen sich theils auf das Leitungsvermögen der Objecte und der Haut, theils auf das physikalische Wesen der strahlenden Wärme, entsprechend der doppelten Weise, in der die Wärme sich verbreitet (durch Leitung und durch Strahlung). — Objectiv gleich temperirte Körper erscheinen je nach ihrem Leitungsvermögen und ihrer specifischen Wärme als verschieden temperirt. Stellt man Metallstäbe, die in diesen Beziehungen unter einander abweichen und ungefähr gleiche Querschnitte darbieten, in heisses Wasser, so kann man die grösseren Unterschiede mittels der Armhaut oder der sehr empfindlichen Brustwarzen unschwer erkennen. C. Brunner[1]) fand als erster, dass manche hysterische Frauen solche Wärmeabweichungen genauer als Gesunde angeben. Liess er sie ihnen unbekannte, in Seidenpapier gehüllte Metallstäbe eine Zeit lang halten und dann nach Maassgabe der Verschiedenheit der Empfindung, die sie erregten, anordnen, so brachten sie sie ungefähr in „Reihen, die dem Leitungsvermögen und der mit der Eigenschwere in Beziehung gebrachten Wärmecapacität entsprachen." Obwohl an sich das Vorkommen einer solchen Oxyaesthesie bei Hysterikern nicht angezweifelt zu werden braucht, so genügen doch die Brunner'schen Experimente deshalb nicht, weil sie ohne Rücksicht auf die Suggestibilität und halb unbewusste Simulation der Hystericae vorgenommen worden sind. Eine Nachprüfung seitens des Verfassers an drei hysterischen Personen hatte keinen Erfolg. — Die allgemeine Erklärung dieser bekannten Erscheinungen, die wir tagtäglich bei der Berührung von Holz und Metall wahrnehmen, ist in der bereits S. 256 erwähnten Anschauung inbegriffen, dass die normale Hauttemperatur einen Gleichgewichtszustand zwischen Wärme-Gewinn und -Verlust darstellt. Da nun gute Wärmeleiter bei hoher Temperatur die Wärme schneller zuführen, bei niederer rascher entziehen als schlechte Wärmeleiter, so sind sie im ersten Falle heisser, im zweiten Falle kälter anzufühlen.

Halten wir daran fest, dass bei allen Temperaturempfindungen die Hautwärme ein entscheidender Factor ist, so werden wir auch gegenüber der Frage nach der Diathermanität der Oberhaut, zu deren experimenteller

---

[1] *Ueber die Wirkungen, welche verschiedene Substanzen durch Berührung auf nervenschwache Personen ausüben.* S. 24—37. Bern 1848. Vgl. Valentin, *Lehrb. der Physiol.*[2] 4202.

Digitized by Google

Lösung leider kein Weg offen zu stehen scheint, Stellung nehmen können. Es ist kaum anzunehmen, dass die Epidermis für die Wärmestrahlen ebenso schlechthin durchgänglich sei wie etwa Steinsalz; vermuthlich muss erst die Umsetzung des calorischen Vorganges in Leitungswärme erfolgen, ehe ein Sinnesreiz entsteht.[1] Eine verschiedene Diathermanität der Haut für die von verschiedenen Wärmequellen ausgesendeten Strahlen, nach Art des Wassers und Alauns, ist wohl ausgeschlossen.

C. Stammesreizung und Temperatursinn.

1. Bei Besprechung der Thatsachen der specifischen Energie haben wir gesehen, dass die Reizung eines leitenden Sinnesnerven durch mechanische oder elektrische Mittel zwar eine Erregung, aber nicht die erwartete Empfindung setzt. Wenigstens scheinen die vorliegenden Beweise für das Gegentheil der erforderlichen Sicherheit und Genauigkeit zu entbehren. Es fragt sich nun, wie es sich in dieser Beziehung mit den sensiblen Nerven verhält. Ich habe versucht, durch eine ausgedehnte Reihe von Versuchen, die im Frühling und Sommer 1890 vorgenommen wurden, mir hierüber Klarheit zu verschaffen.

Die Reizung eines sensiblen Nerven in seinem Verlaufe durch **Wärme oder Kälte**[2] erzeugt weder Wärme (Kälte) noch Berührungsempfindungen, sondern einen dumpfen, von der Reizungsstelle zur Peripherie hinziehenden Schmerz. Zu den Versuchen wählt man am besten Schnee und Wasser von + 60° C., sowie den N. ulnaris, der in der Condylus-Rinne ziemlich oberflächlich liegt. Nach den früher gegebenen Auseinandersetzungen ist ein anderes Ergebniss bei unmittelbarer Verwendung des mittelbaren Reizes nicht zu erwarten. Wichtigere Aufklärungen gewinnt man aus der Beobachtung „eingeschlafener" Glieder.[3] **Herzen** glaubt bemerkt zu haben, dass an solchen Gliedern die Empfindlichkeit für Kälte (0°) noch eine kurze Zeit erhalten bleibt, nachdem die rein tactilen Eindrücke (20—22°) nicht mehr empfunden werden, und dass die Empfindlichkeit für Wärme (40—45°) zwar viel später, etwa ein Drittel der ganzen Dauer später, aber doch etwas vor der Empfindlichkeit für Schmerz eingebüsst wird. Ich möchte nach eigener vielfältiger Erfahrung anders urtheilen. Wenn man beispielsweise auf den N. ulnaris hohen Druck einwirken lässt, so tritt zuerst und

[1] Wir schliessen uns somit **Goldscheider's** trefflichen Ausführungen gegen **Masje** an.

[2] Vgl. **Weber** in **Wagner's** *Hdwb.* III, 2. S. 497; **Hering** in **Hermann's** *Hdb.* II, 2. S. 415.

[3] **Herzen** in *Rev. méd. de la Suisse Romande.* III, 372 und in **Pflüger's** *Arch.* XXXVIII, 94; **Hermann**, *Lehrb. der Physiol.*[8] 357; **Richet**, *Recherches expérimentales et cliniques sur la sensibilité.* S. 65 u. 333 ff. Paris 1877.

Digitized by Google

zwar vor dem uns als Signal des „Eingeschlafenseins" geläufigen Kribbeln eine Empfindung des Taubseins ein, die indessen keineswegs mit einer Anaesthesie der Hand, höchstens mit einer geringen Hypaesthesie derselben identisch ist. Und im weiteren Verlaufe verstärkt sich nun das Kribbeln und ein Gefühl des Geschwollenseins derartig, dass es schwer ist, die Aufmerksamkeit für Temperaturreize wach zu halten. Gelingt dies jedoch, so findet man, dass sie ebenso wie an dem anderen, zur Controle dienenden Arme empfunden werden. Es ist freilich nöthig, dass der Assistent symmetrische Stellen wählt, die, wenn irgend möglich, als gleich temperirt festgestellt worden sind; dass er die Ermüdung der betreffenden Stelle berücksichtigt und dass er niemals behaarte mit haarlosen Flächen vergleicht. Nach durchschnittlich 70 Secunden pflegt eine Hypalgesie für schmerzhafte Reize aller Art einzutreten. Ob es sich bei diesen Erfahrungen um genau dieselbe Erscheinung wie bei elektrischer Stammesreizung handelt, ist nicht völlig sicher. Die Herabsetzung der Tast- und Schmerzempfindlichkeit mag auf die Beeinträchtigung des Nervenleitungsvermögens zurückgehen und erst im Entlastungsstadium mag eine erhöhte Erregbarkeit[1] eintreten, durch welche latente innerorganische Reize wirksam und zu positiven Empfindungen werden.

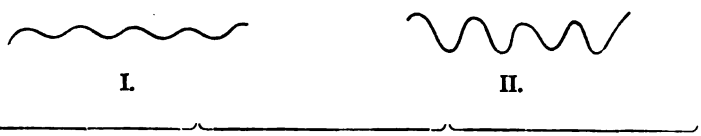
2. Bei den bisher geschilderten Verfahrungsweisen hat sich demnach für das Auftreten von excentrischen Temperaturempfindungen durch mehr centrale Reizung nichts ergeben. Es fragt sich jetzt, wie die elektrische Reizung wirkt. Ehe wir auf den Kernpunkt der Frage eingehen, müssen wir in aller Kürze die übrigen Empfindungscomplexe, die auf diese Weise entstehen, an uns vorüberziehen lassen. — Die Untersuchung wurde mit einem sehr sauber gearbeiteten du Bois'schen Schlitteninductorium und bei möglichst gleichmässigen Stromstärken vorgenommen. Der secundäre Strom ging in zwei hohle, im Durchmesser 3 mm grosse Elektroden, die in Watte gehüllt und getrennt oder in einem doppeltdurchbohrten Kork befestigt aufgesetzt wurden, so oft beide dieselbe Stelle treffen sollten. Gereizt wurden und zwar meistens an den aus der Elektrotherapie bekannten Reizstellen die Nn. medianus, ulnaris, radialis, cruralis, tibialis, peroneus. Als Versuchspersonen haben ausser dem Verfasser in dankenswerthester Weise fungirt die Herren: Bartel, Oberst von Bentivegni, Privatdocent Dr. phil. H. Biltz, cand. phil. O. Biltz, Dr. med. Flatau, Dr. med. Moll, cand. med. Moll, Prof. Dr. med. Munk, Dr. phil. Natge, Dr. phil. K. Peters, W. Peters, Dr. med. Pollack, Privatdocent Dr. med. Rawitz, Dr. phil. Riess, E. Rosenfeld, F. Rosenfeld, Dr. phil. von Schroeter, Dr. med. Thiele.

---

[1] Schiff, *Lehrb. der Physiol. des Menschen.* I, 95. Lahr, 1858/59.

Digitized by Google

Wir haben wie Richet[1] beim Anwachsen der Stromstärken vier Stufen in dem excentrischen Empfindungscomplex beobachten können; doch möchten wir sie anders bezeichnen als mit den Ausdrücken: engourdissement, fourmillement, scintillement, douleur fulgurante. Zuerst tritt ein Prickeln auf, das einem Durcheinanderschwirren von leichtesten Stecknadelstichen ähnelt und vergleichsweise „Ameisenlaufen" genannt werden kann. Es setzt sich aus elementaren Berührungsempfindungen derart zusammen, dass jeder einzelne Punkt der Haut nur einmal oder nach längerer Zwischenpause zum zweiten Male empfindet.[2] Bei zunehmender Stromstärke hat man das Gefühl des Tieferwerdens der Stiche, und der zunehmende Druck wie die Ausdehnung auf eine grössere Fläche erzeugen die Vorstellung, als ob ein Reibeisen auf den Arm gelegt werde. Wenn man in diesem Stadium die Haut mit einem stumpfen Gegenstande drückt, so wird an der betreffenden Stelle das Prickeln erheblich stärker empfunden; es ist dasselbe unangenehme Gefühl, wie wenn man mit einem aus dem Eingeschlafensein erwachenden Fusse auftritt. Aber auch der Druck als solcher bleibt noch merklich, während leichte Berührungen mit Holz- und Nadel-Spitzen nicht mehr wahrgenommen werden: vielleicht ein Beweis dafür, dass Prickeln generell dasselbe wie die Berührungsempfindung ist. Wärme, Kälte, Schmerz erfahren in ihrer Auffassung keine Veränderung. Das dritte Stadium zeichnet sich dadurch aus, dass eine starke Muskelspannung und ein energischer Druck das Kribbeln übertönen. Ab und zu wird dies, übrigens bei Neuralgien häufige Gefühl der Belastung durch einen befreienden, aber sofort wieder verschwindenden Ruck unterbrochen. Hr. von Bentivegni verdeutlichte den Unterschied der drei Phasen sehr treffend durch folgende Zeichnung:



I. II.

III.

Jetzt ist die Haut für Berührung und Druck unempfindlich, woraus sich die wichtige Belehrung abnehmen lässt, dass die Druckempfindung nur graduell von Meissner's „einfacher Tastempfindung" sich unterscheidet, worüber später mehr. Die Empfindlichkeit für Temperaturen hat nicht gelitten, ebensowenig die für Schmerz. Das letztere tritt erst in dem vierten

[1] *Rech. clin. et exp.* S. 333.

[2] Schon von Schiff beobachtet, *Lehrb. der Physiol.* S. 161.

Digitized by Google

Stadium ein, wo ein heftiger, von Contractionswahrnehmungen begleiteter Schmerz vorherrscht. Gelingt es Einem, hierbei noch ruhig zu beobachten, so bemerkt man, dass keineswegs eine Anaesthesie für warm oder kalt eingetreten ist, vielmehr bloss die Analgesie. Ein plötzliches Abbrechen der Reizung lässt sehr schön die schrittweise Rückbildung erkennen, die den Weg der Entstehung in umgekehrter Richtung zurücklegt. Wir beobachten ein Abklingen des Schmerzes, des lastenden Druckes und der punctuellen Berührungsempfindung; dass die häufigste peripherische Erregung, die der flächenhaften Berührung, hierbei gleichfalls excentrisch nicht vorkommt,[1] darf kaum Wunder nehmen. Es ist, wie Fick[2] erklärt, die Wahrscheinlichkeit „geradezu fast Null, dass die Fasern alle gleichzeitig oder genau in der Ordnung ihre Leitungsfähigkeit wieder gewinnen, in welcher ihre peripherischen Enden liegen. Nur in diesem Falle dürfte aber eine Aehnlichkeit erwartet werden zwischen dem fraglichen und einem gewöhnlichen, von der Peripherie aus erregten Gefühle."

3. Wir gelangen jetzt endlich zu dem Problem, das uns am Lebhaftesten interessirt. Ergiebt die Reizung eines sensiblen Nerven in seinem Verlaufe excentrische Temperaturempfindungen? Es wird für gewöhnlich geleugnet; indessen liegen in der Litteratur auch positive Angaben vor. Weber bemerkt, dass bisweilen in der eingeschlafenen Hand ein Gefühl von Wärme entstehe, und Goldscheider hat einmal unter gleichen Umständen Kältehyperaesthesie festgestellt, die er irrthümlich als in unseren Zusammenhang gehörig anmerkt. Ritter beobachtete an Volta'scher Säule während der Schliessung bei aufsteigendem Strome Wärme, bei absteigendem Kälte und nach Oeffnung Umkehr dieser Verhältnisse. E. du Bois-Reymond fühlte bei einer Zinkkupfersäule von 150 Paaren während der ganzen Dauer des Stromes „Fluthen von Wärme und Schauer von Kälte" in den Armen. von Vintschgau nahm bei Galvanisirung der Zunge gelegentlich die Empfindungen des Lauen und Kühlen wahr. Rosenthal will Wärme, Donaldson Kälte bei Anwendung des constanten Stromes bemerkt haben. Goldscheider kann bei Schliessung des Stromes, schon von 12 Elementen an, Wärmegefühl und zwar im Arme der Anode constatiren, Kälte jedoch nirgends.

Diesen Angaben vermag ich bloss die ganz allgemeine hinzuzufügen, dass auch bei meinen Versuchspersonen „Schauer von Kälte und Fluthen von Wärme" sich geltend gemacht haben. Ich betone nachdrücklich die Reihenfolge. Was man bei starken Strömen zuerst fühlt, ist ein Kälte-

[1] Vgl. Weber's ausgezeichnete Beschreibung, a. a. O. S. 498.
[2] *Lehrb. der Anat. u. Physiol. der Sinnesorgane.* S. 39.

Digitized by Google

schauer; sobald dieser verschwunden ist, tritt die Wahrnehmung der gewöhnlichen Körpertemperatur als ein behagliches und nach dem Gesetze des successiven Contrastes recht deutliches Wärmegefühl in's Bewusstsein. Dann folgt wieder ein Kälterieseln und so fort in unregelmässigen Zwischenräumen. Ob man den Schauder, der sich gelegentlich zur Gänsehaut steigert, wirklich als eine Temperaturempfindung bezeichnen darf? Ich persönlich glaube: Nein, denn der Unterschied dieses Gemeingefühles[1] von den durch Berührung oder Strahlung vermittelten echten Kälteempfindungen erscheint mir als zu erheblich, um in der Theorie vernachlässigt werden zu dürfen. Aber selbst bei gegensätzlicher Auffassung ist die Erklärung, wie wir zum Schlusse des Abschnittes sehen werden, durchaus nicht mit Nothwendigkeit auf die Thätigkeit des Nervenstammes angewiesen. Betrachten wir vorerst die Ergebnisse der Stammesreizung durch den inducirten Strom, indem wir der Kürze halber vornehmlich am N. ulnaris exemplificiren.

Mein Verfahren war dies, dass ich den Versuchspersonen während der ersten fünf oder sechs Experimente nicht sagte, worauf es ankam, sondern mir einfach ihre Wahrnehmungen mittheilen liess. Diese Wahrnehmungen enthielten, mit einer einzigen Ausnahme (Dr. Thiele), niemals etwas von Wärme oder Kälte. Dann bat ich die Herren darauf zu achten, ob vielleicht Temperaturempfindungen aufträten. Entweder suchte ich nun empirisch ein bestimmtes Gebiet (Handrücken z. B.) ab oder ich folgte dem Laufe eines Nerven. Und zwar geschah Beides in zweifacher Weise, nämlich sowohl mit langsamer Verstärkung des Stromes als auch in der Art, dass ein ziemlich starker Strom plötzlich einsetzte und aufhörte, wobei die Herren gebeten wurden, besonders auf eine Differenz der Temperaturempfindung vor, während und sogleich nach Einwirkung der faradischen Elektricität ihre Aufmerksamkeit zu richten. Bei der Methode der schrittweisen Erregung wurden häufig Vexirversuche angestellt, indem der Beobachter von einer Verstärkung (Abschwächung) sprach, die er in Wirklichkeit an dem verdeckten Schlittenapparat nicht vornahm. Behauptete Jemand von einem bestimmten Punkte, dass seine Reizung excentrische Wärme erzeuge, so wurde die Stelle mit schwarzer Tusche fixirt und an den folgenden Tagen von Neuem geprüft. Endlich variirte ich die Experimente auch insofern, als ich theils beide Elektroden an demselben Punkte aufsetzte, theils an verschiedenen Stellen des Nervenverlaufes, theils die eine selber handhabte, die andere von den entsprechenden Fingern der Versuchsperson halten liess.

---

[1] Es tritt ganz ähnlich bei gewissen Krankheiten auf, z. B. bei schweren Anfällen von Gallensteinkolik, gelegentlich auch beim Katheterisiren der Harnröhre. Wahrscheinlich überträgt sich hierbei die Erregung der sensiblen Nerven reflectorisch auf das vasomotorische Centrum und verursacht Krampf der kleinen Hautarterien u. dgl.

Digitized by Google

Die Fehlerquellen waren zahlreich. Ich will zunächst erwähnen — selbst auf die Gefahr hin als kleinlich zu erscheinen —, dass Temperaturempfindungen häufig durch die bei starken Strömen unvermeidlichen Krampfbewegungen vorgetäuscht werden können. Das Zusammenballen der Hand beispielsweise erzeugt durch Behinderung des Ausgleiches in der Handfläche eine Wärme, die keineswegs der Stammesreizung in die Schuhe geschoben werden darf. Ein ander Mal werden etwa aus dem gleichen Grunde die Finger auseinander gespreizt und es entsteht die Empfindung der Kühle. In allen solchen Fällen ist es leicht, sich von dem wirklichen Ursachverhältniss zu überzeugen: man wiederholt willkürlich die betreffenden Contractionen ohne Hülfe der Faradisation und stellt fest, dass der Erfolg derselbe bleibt. Ebenso lassen sich diejenigen Fehlerquellen nachweisen, die aus der Berührung mit den Elektroden oder mit anderen Gegenständen fliessen, indem man eben zeitweilig den Strom ausschaltet. Bei sehr hohen Reizungsgraden begegnet es, dass aus Schmerz im Gesichte Hyperaemie, Röthe und Wärme sich einstellen; und so verwunderlich es klingt, man muss sich sehr davor hüten, diese Gesichtsempfindungen mit den Vorgängen im Arme im Urtheile zu vermischen. Ebenso kann die Ausstrahlung des Verbrennungsschmerzes von der Ansatzstelle der Elektroden nach der Richtung der grössten Hautempfindlichkeit hin zu Missdeutungen Anlass geben.

Was die Ergebnisse aus reinen Versuchen[1] anbelangt, so lassen sie sich in negative und positive scheiden. Dreizehn Versuchspersonen behaupten mit aller Entschiedenheit, dass sie unter den nöthigen Vorsichtsmaasregeln niemals etwas Temperaturähnliches empfunden haben. Von den übrigen fünf Herren hat kein Einziger excentrische Kälte gespürt; ihre Angaben beziehen sich ausschliesslich auf Wärme. Der Verfasser nimmt insofern eine Ausnahmestellung ein, als er zwar für die üblichen Stromstärken zu der ersten Gruppe gehört, aber bei einer über die blosse Schmerzhaftigkeit hinausgehenden und nur bei ihm angewendeten Erhöhung kalte und warme Fluthen im ganzen Körper wahrgenommen hat. Zugleich mit heftigen Zuckungen in allen Gliedern und lauten Schmerzensschreien traten Strömungen auf, die nicht an den gereizten Nerven gebunden waren, sondern auch in den entferntesten Gegenden fluctuirten. Sie werden also wohl nicht als Effect der Stammesreizung aufgefasst werden dürfen. Somit stehen vierzehn Aussagen gegen fünf. Unter den positiven Angaben beziehen sich nun die meisten auf den Augenblick der stärksten Reizung, die Versuchspersonen sprechen von einem schmerzhaften Brennen, das von

[1] Von den etwa 1200 Experimenten, die ich protocollirt habe, sind bloss 183 fehlerfrei, nämlich wesentlich die letzten. Auf sie beziehen sich die Ergebnisse.

Digitized by Google

innen her an die peripherische Oberfläche zu treten scheine. Während von der anderen Partei dieses Gefühl als Schmerz bezeichnet wird, deuten sie es noch als Hitze. Wer Recht hat, lässt sich natürlich kaum ausmachen; indessen sei darauf hingewiesen, dass das Gefühl nach einstimmigem Urtheil genau dem durch Aetzung mit Ac. carbol. oder Ac. lact. hervorgerufenen Hautgefühle gleicht. Und ob es sich bei letzterem um Wärmempfindung handelt, ist bekanntlich oft bestritten worden.

In einer geringeren Anzahl von Fällen wird dagegen eine zweifellos echte Wärmeempfindung geschildert, die bei mässig starken Strömen langsam sich bilden soll. Sie entsteht auch bei dem plötzlichen Verfahren nicht sofort: sie schwillt während der Dauer der Reizung an und verblasst danach allmählich in einem Zeitraume von vier bis elf Secunden. Bei dem langsamen Verfahren pflegt sie sich ungefähr in der mittleren Stärke einzustellen. Eine Versuchsperson zeigte in dieser Beziehung eine auffallende Gleichmässigkeit. Die folgende Tafel giebt Mittelzahlen aus je 10 Versuchen, und zwar bezeichnen die Zahlen den Rollenabstand, bei welchem die betreffende Empfindung eintrat.

Person	Datum	Beginn der Wärmeempfindung	Höhepunkt	Aufhören			
Bartel	13./VI.	19	32	12	101	88	108
	1890	18	33	18	102	87	102
„	16./VI.	12	35	10	108	85	110
	1890	18	25	18	102	95	102
„	18./VI.	17	29	18	103	91	102
	1890	18	25	17	102	95	103
„	22./VI.	18	43	18	102	77	102
	1890	18	32	18	102	88	102

Die links stehenden Zahlen sind an einem neuen Pariser Magnet-Elektromotor abgelesen worden, dessen 0 nicht wie bei den gewöhnlichen an der primären Rolle, sondern 80 Theilstriche davon nach rechts liegt. Die letzten 3 Spalten enthalten die Umrechnung.

Wie erklären sich nun die zuletzt besprochenen Erscheinungen, die doch nicht ohne Weiteres als Illusionen bei Seite geworfen werden können? Helmholtz hat in günstigem, Goldscheider in ungünstigem Sinne auf die Möglichkeit vasomotorischer Vorgänge hingewiesen.[1] Hiernach

[1] Helmholtz, *Physiol. Optik.*[1] S. 326; Goldscheider in *diesem Archiv.* 1885. Suppl. S. 30. Die gegensätzliche Erklärung pathologischer Temperaturparaesthesien bei Erb, *Krankheiten des Rückenmarkes.*[1] S. 73.

Digitized by Google

würde durch die von uns gesetzten Eingriffe eine Kreislaufsstörung bewirkt, die durch Anaemie und Hyperaemie eine wirkliche Veränderung der Hauttemperatur und deren Wahrnehmung zur Folge hätte. Ich stehe nicht an, diese Interpretation für die befriedigendste zu erklären. Sie macht uns das langsame An- und Absteigen der Wärmeempfindlichkeit sowie das einseitige Auftreten der letzteren verständlich, gemäss dem als einseitig determinirt vorauszusetzenden Einfluss der Inductionselektrizität auf die Blutvertheilung. Hierzu treten unterstützende Momente. Wenn der intermittirende Strom die Gefässe verengert, so wird ein Blutzufluss zur Ausgleichung des gestörten Lebensprocesses eintreten und eine Erhöhung der Hauttemperatur hervorrufen; zu demselben Ziele dürfte die beim Tetanus der Muskeln sich steigernde Arbeitswärme derselben führen. (Dutrochet, Helmholtz, Billroth.) So begreift sich, warum das Gefühl erst bei verhältnissmässig hohen Stromstärken in die Erscheinung tritt. Damit stimmen auch beobachtbare Thatsachen überein. Die Empfindung wird regelmässig um so stärker, je näher die eine, aufgesetzte Elektrode an den die andere Elektrode haltenden Finger rückt, gleichgültig, ob dabei ein Nervenstamm getroffen wird oder nicht. In sieben Fällen habe ich ferner ein Rothwerden der als warm bezeichneten Fläche gesehen; fünfzehn Male habe ich endlich eine Erhöhung der Hauttemperatur um 0·1—0·6° C. mittelst eines Flächenthermometers constatiren können.[1] Ebensowenig nun wie nach der alten Theorie eine Lichtempfindung bei Reizung des Sehnerven, weil völlig subjectiv, messbar sein darf, ebensowenig darf die excentrische Wärme sich physikalisch äussern, wenn anders sie ausschliesslich der Nervenstammerregung ihr Dasein verdanken soll.

Ueberhaupt aber kann meines Erachtens eine reine Thätigkeit der Continuitätsfasern nicht bewiesen werden. Es sei nur flüchtig an die Nervi nervorum erinnert und besonders auf das Vorhandensein von Nervenendapparaten in den Nervenscheiden aufmerksam gemacht. Nach Bärwinkel, Sappey, Krause, Horsley[2] finden sich im Epineurium des Ulnaris Pacini'sche Körperchen, im Perineurium Tastkörper. Wer vermag zu sagen, wieviel ihnen und wieviel den Fasern von den Leistungen der Gesammtnerven zuzuschreiben ist? Auch die Thatsache der excentrischen Projection beweist

---

[1] An den betr. Stellen wurden Temperaturdifferenzen von 0·4—0·2° C. unterschieden; die im Text genannten Grössen sind also wahrnehmbar.

[2] Horsley in *Proc. of the Physiol. Soc.* June 7, 1884. p. XVII. *Ebenda* die Litteratur und die Methode — Vgl. auch den Abschnitt „Anatomisches" in dieser Abhandlung. — Die von Adamkiewicz beschriebenen, von Cybulski bestrittenen „Nervenkörperchen" habe ich in einem mit Osmiumsäure behandelten und in Alkohol reducirten N. ulnaris nicht finden können.

Digitized by Google

hier nichts, da sie rein psychologisch enstanden ist und in das ungewöhnliche Experiment durch Gewohnheit eingesetzt wird. Selbst unter der Voraussetzung also einer durch Stammesreizung entstandenen excentrischen Temperaturwahrnehmung bleiben Ungewissheiten bestehen; allein selbst diese Voraussetzung müsste erst noch bewiesen werden.

II. Untersuchung des Temperatursinnes an sich.

A. Anatomisches.

1. Wonn es gilt, die Temperaturempfindungen an sich zu erforschen, so tritt uns als nächstliegende Aufgabe die entgegen, ihre anatomischen Grundlagen zu prüfen. Und zwar werden wir zunächst die peripherischen Sinneswerkzeuge histologisch untersuchen und alsdann die centralen Verhältnisse im Zusammenhange mit den lehrreichen Erfahrungen der Pathologie besprechen.

Die ideale Lösung der ersten Aufgabe besteht darin, dass besondere Endkörperchen für die Aufnahme der Temperaturreize nachgewiesen und aus ihrem feineren Bau die physiologischen Functionen unmittelbar erklärt werden. Von der Erfüllung des zweiten Theiles dieser Aufgabe sind wir um so weiter entfernt, je weniger wir bisher von irgendwelchen besonderen Apparaten für Temperaturempfindungen wissen; man übersieht daher sofort, dass der oft gezogene, ganz hypothetische Schluss von der Function auf den Apparat sich in einem fehlerhaften Kreise bewegt. Es ist ja nicht unmöglich, dass die Wärme- und Kältewahrnehmungen an Terminalorgane gebunden sind, welche bisher der mikroskopischen Untersuchung entgingen.[1] Es kann ferner die Nothwendigkeit jeglicher besonderen Apparate geleugnet und die ganze Haut als der thätige Apparat angesprochen werden. So Schiff.[2] Der genannte Physiologe giebt für seine Anschauung, wonach der Wärmesinn „als eigene Entelechie“ keine Berechtigung habe, drei Gründe. a) „Wenn bei ausgedehnter Narbenbildung z. B. nach Verbrennungen die Haut in ihrer Textur verändert ist, so wird, trotz der Erhaltung der kleinen Hautnervenstämme, Wärme und Kälte nicht mehr gehörig empfunden.“ Dieser Grund ist nicht stichhaltig, denn die betr. Körper mögen in der Epidermis gelegen und durch den erwähnten Eingriff zerstört sein. b) „Die Vertheilung des ‚Temperatursinns‘ auf der Haut des Menschen richtet sich nicht nach dem Nervenreichthum der Organe, geht nicht parallel dem Orts- und Druckgefühl, sondern erreicht sein(?) Maximum an

[1] Dies glaubt z. B. Lloyd Morgan, *Animal life.* p. 298. 1890.

[2] *Lehrb. der Physiol.* S. 166.

Digitized by Google

in anderer Beziehung empfindlicheren Hautstellen, die aber, wie mir scheint, vermöge grosser Geschmeidigkeit, Schlaffheit und Runzelung sich eher durch Unterschiede der Wärme contrahiren und expandiren." Durch verschiedene Vertheilung der verschiedenen Endapparate erklärbar. c) „Schwerere Körper, die auf die Haut drücken, erscheinen uns kälter als leichtere von derselben Temperatur." Auch diese Thatsache widerstreitet nicht der Existenz besonderer Einrichtungen.

Die Existenz solcher Einrichtungen als sehr wahrscheinlich zugegeben, handelt es sich um ihre genauere Feststellung. Was die Litteratur[1] hierüber bietet, ist im höchsten Maasse dürftig. Weber wie Lotze hielten die von ihnen als Bläschen aufgefassten Tastkörperchen für die Aufnahmewerkzeuge der Temperaturreize, denn anders als durch Dichtigkeitsveränderungen könne man sich die Reizübertragung kaum denken. Waldeyer, Izquierdo, Grünhagen nahmen ohne Angabe eines Grundes die cellulären Endigungen in den Vater-Pacinischen Körperchen für unser Gebiet in Beschlag. Merkel erklärte dagegen gerade die freien Endigungen als die den Temperaturreizen angepassten; Hoggan zog Merkel's Tastzellen herbei, wogegen Bonnet einwandte, dass ihre Lage an der Spitze der Epithelzapfen die für Temperaturempfindungen denkbar ungünstigste sei.

Vor derartigen haltlosen Annahmen besitzen Goldscheider's histologische Untersuchungen[2] den unverkennbaren Vorzug eines inneren Zusammenhanges. Leider sind weder die von ihm angewendeten Methoden einwandfrei,[3] noch seine Ergebnisse von anderen Anhängern der Punkttheorie bestätigt worden.[4] Ich selber konnte keine Nachprüfung eintreten lassen, weil es mir (s. S. 252) nicht gelungen ist, mit Sicherheit irgendwelche Wärme- oder Kältepunkte auszumitteln; ich begnüge mich daher, Goldscheider's Ansichten, möglichst in wortgetreuer Wiedergabe, zusammenzufassen. Die Temperaturpunkte sind ungleichmässig angeordnet, hier An-

---

[1] Weber, a. a. O. S. 450; Lotze, *Medic. Psychol.* S. 411; Krause, *Die terminalen Körperchen.* S. 177; Waldeyer im *Archiv f. mikrosk. Anat.* XVII; Goldscheider, *Die specifische Energie der Hautsinnesnerven.* S. 30 f.; Bonnet im *Bayr. ärztl. Intelligenzbl.* 11. Nov. 1884. — Bloss von historischem Werthe: Breschet u. Rouzel de Vauzeine, *Nouvelles recherches sur la structure de la peau.* Paris 1835. S. 90 ff.; Graves im *Dublin Journ. of med. and chem. Science* VIII, 97 ff. 1836.

[2] Goldscheider in den *Monatsheften für prakt. Dermat.* III, 7, 8, 9; Derselbe in *diesem Archiv.* 1887. S. 226.

[3] Unna in *Monatsh. für prakt. Derm.* VII, 730 f.; VIII, 216, 220 ff., 259 ff.; v. Kölliker, *Hdb. der Gewebelehre.*[6] I, 173. Goldscheider hat weder die Punkte an Flächenschnitten studirt, noch seine Goldpraeparate durch Osmiumpraeparate ergänzt.

[4] Donaldson im *Mind.* X, 409.

Digitized by Google

häufungen, dort Lücken bildend, bald liegen sie zerstreut, bald in Gruppen von alveolärem Typus, bald in Linien. Häufig ist das gegenseitige Lagerungsverhältniss ein complementäres: unvollständige Kälte-Alveolen werden durch die Wärmepunkte zum Theil vervollständigt und gelegentlich zerstreute Kältepunkte durch das Einfügen von Wärmepunkten ergänzt. Ueberall aber ist der Wärmesinn intensiv und extensiv geringer angelegt als der Kältesinn. In Gegenden, wo wenig Temperaturpunkte vorkommen, besitzen die Haarstellen eine grosse Bedeutung. Hier soll es nämlich vorkommen, dass nur an den Haaren sich solche Punkte finden und zwischen ihnen überall Unempfindlichkeit gegen Temperaturreize besteht.[1] Die Nerven verbreiten sich in Innervationsebenen, und je ein System der Punkte gehört je einer Innervationsebene zu, wie denn auch die Punkte als kleinste innervirte Flächen angesehen werden müssen und die Cutisgrenze als diejenige Schicht aufzufassen ist, in welcher die Nervenendigungen liegen.[2]

Dies wären vielleicht die wichtigsten Bestimmungen. Ihr Werth hängt ersichtlich von dem physiologischen Fundamente ab und da wir dies als unsicher nachgewiesen haben, werden wir auch den histologischen Bestimmungen Goldscheider's vorsichtige Zurückhaltung entgegenbringen müssen. Halten wir uns daher an das sonst von den sensiblen Nervenendigungen Bekannte. W. Krause und mit ihm Pfitzer, Unna u. A. meinen bekanntlich, dass sämmtliche sensiblen Nervenfasern schliesslich marklos mit kleinen Anschwellungen endigen, und diese zum grössten Theil in den Oberhautzellen gelegenen Endknöpfchen den Reichthum der Hautempfindungen völlig erklären.[3] Für die Meissner'schen uud Vater'schen Körper blieben hiernach nur etwelche ganz besonderen Verrichtungen übrig. Es fragt sich also vor allen Dingen, welches die Verhältnisse in der Epidermis sind. Nach Kölliker und Frenkel, denen der Verfasser sich auf Grund einiger gut geglückter Chlor-Goldpraeparate glaubt anschliessen zu dürfen, kommen Nervenfasern in den Epithelschichten der Oberhaut vor. Ob sie aber frei endigen, erscheint aus einem theoretischen

---

[1] Ueber die Vertheilung der Haare, vgl. Blaschko im *Archiv f. mikrosk. Anat.* XXX, 501. Stöhr, *Lehrb. der Histol.*[2] S. 207 ff. Jena, 1888.

[2] Unna, a. a. O. S. 262 zählt vier Schwächen des Goldscheider'schen Gedankenganges auf.

[3] Wichtigste Litteratur, mit Ausnahme der bereits citirten und der histologischen Lehrbücher: Fick's *Lehrb.* S. 34; Unna in v. Ziemssen's *Hdb. der Hautkrankh.* I, 110; Frenkel in Virchow's *Archiv.* CIX, 448 ff.; v. Kölliker in *Sitzungsb. der phys.-med. Ges. zu Würzburg.* 1889. Nr. 2. S. 28. — Weiteres in v. Kölliker's *Hdb. der Gewebelehre.*[6] S. 206 und in Schwalbe's *Lehrb. der Anat. der Sinnesorgane.* S. 36 ff.

Digitized by Google

Grunde sehr zweifelhaft. Wie wir gesehen haben, darf der Nerv lediglich als Leitung zwischen dem peripherischen und dem centralen Vorgang aufgefasst und niemals mit einer ihn von anderen Nerven unterscheidenden Sonderarbeit belastet werden. Was verbindet nun dieser Leitungsdraht? Augenscheinlich periphere mit centralen Zellen, deren Zusammenwirken erst durch ihn ermöglicht wird, jedenfalls also Zellen, deren Lebensthätigkeit nicht nur die Function des Gesammtorganismus, sondern auch die jedes einzelnen Organes zu Stande bringt. Demnach können wir nicht umhin, die freien Endigungen abzulehnen und für jede Nervenfaser einen peripherischen Zellenschluss vorauszusetzen. Unter Zellenschluss verstehen wir einen derart stetigen Uebergang, dass die Faser zu einem Formelement der Zelle wird, denn eine isolirte Endigung bloss innerhalb der Zelle würde für die physiologische Verrichtung eine unbegreifliche Fernwirkung fordern. Ebenso weit verbreitet nun wie die sog. freien Endigungen scheinen die dem Epithel angehörigen Tastzellen von Merkel, Langerhans und Grandry zu sein, zu denen vielleicht die von Arnstein entdeckten und von Bonnet genauer untersuchten gabeligen Nervenenden an den gewöhnlichen Haaren hinzugenommen werden können. Diese letzteren aber dienen sicherlich, wie von Hoggan nachgewiesen, nur der Berührungsempfindung.

Die im Unterhautzellgewebe gelegenen Vater'schen Körperchen werden wohl mit Recht dahin gedeutet, dass sie Druck und Zug vermittelst Umsetzung in hydrostatischen Druck zur Wahrnehmung bringen.[1] Da sie nach Krause sich am N. dorsalis penis finden, so dürfen sie ebensowenig wie die wohl mit Meissner's Tastkörperchen identischen, von Tomsa beschriebenen Nervenknäuel, die in der Glans penis vorkommen sollen, zu Wärme und Kälte in Beziehung gesetzt werden, denn die Eichel ist für beide Qualitäten unempfindlich. Auch sind die tief sitzenden Vater-Pacini'schen Organe gewiss niemals raschen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Dazu kommt, dass an Narben mit unversehrtem subcutanem Gewebe Anaesthesie für Temperaturreize besteht: ein entscheidender Beweis für den aufgestellten Satz.

Von ganz besonderem Interesse sind endlich die Nervenendigungen der Hornhaut des Auges, weil dort eigenthümliche physiologische Verhältnisse vorliegen.[2] Thanhoffer behauptete das Vorkommen von Tast-

[1] S. Kapitel „Druck". Dass sie sich auch an den Periost- und Knochennerven, sowie an den sympathischen Nerven der Unterleibshöhle finden, macht diese Vermuthung meines Erachtens noch nicht hinfällig.

[2] v. Kölliker, *Hdb. der Gewebelehre.*[6] I, 188; Schwalbe, *Lehrb.* S. 167; v. Thanhoffer in Virchow's *Archiv.* LXIII, 126 ff.; Hoyer im *Arch. f. mikrosk. Anat.* IX, 220 ff.: Hoggan im *Linnean Soc. Journ. Zoology.* XVI, 82 ff.; Fuchs

Digitized by Google

körperchen im Epithellager, deren Fortsätze in das subepitheliale Nervennetz übergehen sollen. Sicherer aber steht fest der von Kühne und Königstein beschriebene unmittelbare Zusammenhang feiner Nervenfasern mit den Hornhautkörperchen, trotz Hoyer's und Klein's Widerspruch. Hornhautkörperchen und Hornhautzellen sind übrigens nicht gleich zu setzen, diese sind vielmehr der flache, protoplasmaarme, wandständige Theil jener. Neben dieser Art[1] der Endigung der Stromanerven im Cornealbindegewebe giebt es noch eine Anzahl frei erscheinender Nervenenden, die bald wie abgeschnitten bald varicös erweitert bis unmittelbar an die freie Oberfläche des Epithels treten. Wir haben also muthmaasslich zwei Gattungen von Nervenendapparaten in der menschlichen Hornhaut, dagegen keine Blutgefässe, was für eine Theorie des Temperatursinnes zu beachten sein wird. Wir besitzen nun entsprechend zweierlei Art von Wahrnehmungen auf der Hornhaut: die der Berührung und Wärme-Kälte, denn der gleichfalls dort auftretende Schmerz wird wohl durch centraler gelegene Organe vermittelt und kommt daher in diesem Zusammenhange nicht in Betracht. Auffallend deutlich ist die Temperaturempfindung; wenn der heftige Lidschlussreflex künstlich verhindert und das sehr peinliche Gefühl des Gereiztwerdens unterdrückt wird, so unterscheidet man nach meinen Erfahrungen nicht nur den warmen von dem kalten Sondenknopf, sondern auch Differenzen von etwa einem Grade. Weniger entwickelt ist die Empfindlichkeit für Berührung, aber sie existirt zweifellos, mag es Hoggan auch noch so oft bestreiten; bei einer Trigeminusneuralgie habe ich sie sehr verstärkt empfunden. Ebenso jedoch wie weitere Organe fehlen, fehlen auch die weiteren Qualitäten der Haut, also ein wirkliches Kitzelgefühl u. dergl. m. An welchen der beiden vorhandenen Apparate aber die eine oder die andere der Wahrnehmungen zu binden sei, lässt sich hier nicht entscheiden.

2. Diese Thatsache leitet uns zugleich auf diejenige Untersuchungsmethode, von der wir uns am ehesten eine sichere Aufklärung über unser Problem versprechen können. Es müssen solche Hautstellen durchforscht und mit physiologisch vollständig functionirenden Flächen verglichen werden, an denen alle Hautempfindungen mit Ausnahme der Temperaturempfindungen sich auslösen lassen. Wenn an derartigen Stellen bestimmte, sonst überall vorhandene Endapparate fehlen, werden wir die fehlenden als die Werkzeuge des Temperatur-

---

im *Jahrb. der Ges. Wiener Aerzte.* 1878. S. 477; Molter, *Ueber die Sensibilitätsverhältnisse der menschl. Cornea. Erlanger Diss.* 1878. Die übrige Litteratur bei Dogiel im *Archiv f. mikrosk. Anat.* XXXVII, S. 617.

[1] Dogiel (a. a. O., S. 602) hat neuerdings die Terminalkörperchen in der Hornhaut mit Methylenblau gefärbt und feine Endknäuel und Endplättchen unterschieden.

Digitized by Google

sinnes folgerichtig bezeichnen dürfen. Nun empfindet Temperaturen nach Weber und Hering:[1] die ganze äussere Haut, die Haut des äusseren Gehörganges, die Schleimhaut der Mund- und Rachenhöhle, des vorderen Einganges und des Bodens der Nasenhöhle und der oberen Fläche des Gaumenvorhanges, endlich die Schleimhaut des Afters.[2] Wie es mit den übrigen Partien steht, hat meines Wissens bisher bloss Weber untersucht. Ueber die Nase bemerkt er[3] Folgendes: „Zieht man bei grosser Winterkälte mit Kraft sehr kalte Luft ein, so empfindet man die Kälte am Eingang der Nase, auf dem Boden derselben und auf der oberen Fläche des Gaumenvorhanges, nicht aber in den höheren Regionen. Ebenso empfindet man die Kälte und den Druck eines kalten, runden, glatten Eisenstäbchens, das man in die Nase einbringt, am Eingange, wenn es aber in die höheren Regionen kommt, so bringt es nur einen Kitzel oder Schmerz hervor, keineswegs die Empfindung der Kälte und des Druckes." Die letztere Behauptung ist nicht ganz richtig: zwar empfindet man, z. B. bei der Berührung mit einem Katheter, zunächst in Folge der Neuheit des Reizes einen Kitzel; sobald man diesen aber ohne erhebliche Reaction hat vorübergehen lassen, stellt sich ein unverkennbares Druckgefühl ein. In Bezug auf Kälte kann ich jedoch Weber's Angaben bestätigen und erweitern. Auf meinen Wunsch hatte der Specialarzt Hr. Dr. Flatau die Güte, folgenden Versuch zu wiederholten Malen an mir vorzunehmen. Durch das fixirte Speculum wird eine stark erwärmte bezw. abgekühlte platte Sonde eingeführt und mit ihr das Septum an verschiedenen Stellen, sowie die untere Muschel bald längere, bald kürzere Zeit berührt. Hier, also in der Regio respiratoria habe ich stets nur Kitzel, Berührung, Druck und — bei hohen Temperaturen — Schmerz empfunden. Diese Beobachtung wurde ausnahmslos von zwanzig Personen bestätigt, die ich in Gemeinschaft mit Hrn. Flatau in der von ihm geleiteten Poliklinik geprüft habe. Wir können demgemäss mit einiger Sicherheit annehmen, dass die respiratorische Schleimhaut für Temperaturreize und zwar nur für sie unempfindlich ist. Leider wissen wir von den dort vorhandenen Nervenendigungen fast gar nichts.

Des Weiteren bemerkt Weber (S. 154): „Wenn man sehr warme oder sehr kalte Getränke verschluckt, so bemerkt man, dass die Zunge, der Gaumen und der Schlund Tastsinn haben. Von hier an verschwindet

[1] Weber in Wagner's *Hdwb.* III, 2. S. 481; Hering in Hermann's *Hdb.* III, 2. S. 415.

[2] Es fehlt die nach meinen Erfahrungen empfindliche Augenbindehaut und die Hornhaut.

[3] A. a. O. S. 515.

Digitized by Google

er aber oder wird wenigstens so unvollkommen, dass man daran zweifeln kann, ob er noch überhaupt vorhanden sei.“ Donaldson dagegen findet bei sich und einer Anzahl Anderer die Speiseröhre in ihrer ganzen Ausdehnung empfindlich, obschon unter der Beschränkung, dass keine Gradunterschiede verspürt werden; ob der Magen Temperaturen fühle, wagt er nicht zu entscheiden. — Die widersprechenden Angaben beider Forscher beruhen auf ungenauen Versuchen. Das Einnehmen warmer oder kalter Flüssigkeiten reizt die Mundhöhle und den Schlund so stark, dass bei der Schnelligkeit der Oesophagus-Peristaltik eine Verwechselung der hier etwa hervorgerufenen Temperaturempfindungen mit jenen nicht ausgeschlossen erscheint; die Masse des Reizmaterials genügt ferner, um eine Erwärmung der vorgelegenen Organe und eine darauf zurückzuführende Wahrnehmung hervorzurufen. Ich habe deshalb ein anderes Verfahren eingeschlagen. Zur Prüfung des Magens liess ich den aus der ärztlichen Praxis bekannten Gummischlauch bei mir einführen und von Zeit zu Zeit kleine Mengen sehr warmen bezw. kalten Wassers einpumpen, die auf dem kurzen Wege nicht erheblich von ihrer Temperatur einbüssen werden. Ich erhielt Druck und Schmerz, aber niemals Wärme oder Kälte. Für die unteren Theile des Oesophagus bediente ich mich einer gefensterten Röhre, in die ein kleines mit warmer oder kalter Flüssigkeit gefülltes und verschlossenes Gläschen eingeführt und durch die Oeffnung mit einer einzelnen Stelle der inneren Oesophaguswand in Contact gebracht wurde. Derselbe negative Erfolg trat ein. Hier kann ich freilich bloss über eigene Erfahrungen berichten, da ich die erheblichen Unbequemlichkeiten beider Versuche sonst Niemandem zumuthen mochte. Aber für die oberen Partien der Speiseröhre verfüge ich wiederum über ein auf 14 Personen ausgedehntes Beobachtungsmaterial. Die Untersuchung in Hrn. Flatau's Poliklinik erfolgte vermittelst langer gebogener Sonden, die erwärmt oder abgekühlt in energischen Contact gebracht und so lange wie es das Auftreten des Reflexes gestattete, darinnen gelassen wurden. In der Mehrheit der Fälle, zu denen auch der Verfasser gehört, wurde die Qualität und die Höhe der Temperatur, letztere annähernd, richtig empfunden in der Gegend bis etwa zur Stelle des Ringknorpels. Bis dahin also scheint vom Eingange des Verdauungstractus an die Temperaturempfindlichkeit zu herrschen, weiter abwärts hingegen zu fehlen.

Eigene Untersuchungen über die Empfindlichkeit der Larynxschleimhaut haben, abgesehen von den feineren Unterscheidungen des Rauhen und Glatten, des mehr und weniger Warmen, zu denselben Ergebnissen geführt wie diejenigen von Pieniaczek.[1] Die Epiglottis am Rande, an

[1] Pieniaczek im *Jahrb. der Gesellschaft Wiener Aerzte.* 1878. S. 481 ff.

Digitized by Google

der vorderen und hinteren Fläche, Sinus pyriformis, Aryknorpel, Stimm- und Taschenbänder, Schleimhaut unterhalb der Glottis vermitteln ausgeprägte Temperaturwahrnehmungen. Dass an ihnen Schmerz gefühlt wird, unterliegt auch keinem Zweifel. Dagegen könnte man Bedenken tragen, von einer Berührungsempfindung zu sprechen, weil selbst der schwächste Reiz in ein schmerzhaftes Kitzeln überzugehen und starke Reflexe hervorzurufen pflegt. Nach längerer Uebung indessen wird die Reizbarkeit abgestumpft und der Reflex zurückhaltbar; unter diesen Umständen habe ich bei Aufsetzen stumpfer und etwas angewärmter Sonden reine Berührungsempfindungen beobachtet.

Ueber die Temperaturempfindlichkeit der Zahnpulpanerven — markloser Fasern vom Trigeminus, deren Endausbreitung leider auch unbekannt ist — lagen bisher noch keine Untersuchungen vor. Als daher ein tief cariöser Zahn bei mir gefüllt werden musste und die ausgeschnittene Höhle einen Theil der Pulpa blosslegte, bat ich den behandelnden Zahnarzt Hrn. Dr. Erich Schmidt, hier die nöthigen Experimente anzustellen. Wir warteten, bis die Nerven spontan keinen Schmerz mehr äusserten und reizten sie dann theils durch Berührung mit kalten, theils mit warmen Metallspitzen. In beiden Fällen empfand ich lediglich den gleichen ziehenden Schmerz, keinen Druck, keine Temperatur. Zur Controle machten wir ähnliche Versuche an gesunden Zähnen. Ein Schneidezahn wurde durch seitlich eingetriebene Holzpflöcke von seinen Nachbarn isolirt und mittels des Cofferdam hermetisch von allen Theilen des Mundes abgeschlossen. Alsdann reizte Hr. Schmidt ihn mit heissem oder kaltem Wasser, ohne dass ich jemals etwas anderes als den bekannten Schmerz empfunden hätte. Hiernach sind also alle Temperaturempfindungen den Nerven im Zahnfleische zuzuschreiben.

Ich komme jetzt zu einem sehr interessanten und merkwürdigen Factum. Es ist eine bisher noch nicht beobachtete Thatsache, dass am männlichen Gliede die Eichel völlig temperaturunempfindlich ist (übrigens auch bei elektrischer Stammesreizung des Nerven). Während die Vorhaut sowohl an ihrem inneren wie an dem äusseren Blatte sehr genau Wärme, Kälte und beider Grade unterscheidet, fühlt die Eichel bloss Schmerz und mechanische und elektrische Erregungen, die letzten sogar etwas früher als das Praeputium.[1] Ganz sicher ist dies nach meinen z. Th. in der Klinik des Privatdocenten Dr. phil. et med. C. Posner angestellten Untersuchungen für die von der Vorhaut bedeckten Theile, während bei dem freien Endabschnitt der Glans und bei der Glans jüdischer Personen Anklänge an Temperatur-

[1] M. Bernhardt, *Die Sensibilitätsverhältnisse der Haut.* S. 15. Berlin 1874.

Digitized by Google

empfindungen[1] vorzukommen scheinen, was vielleicht aus einer zweckmässigen Neubildung der betreffenden Endapparate zu erklären ist. Man hüte sich davor, bei der Prüfung die am Eichelrande umgeschlagene Innenseite der Vorhaut zu treffen.

Blicken wir zurück, so erkennen wir, dass zur histologischen Untersuchung und Vergleichung gemäss dem oben entwickelten Grundsatz drei Flächen verwendet werden können: die respiratorische Schleimhaut der Nase, die unteren Abschnitte der Speiseröhre nebst dem Magen, die Eichel. Von den Nerven der Zahnpulpa sehen wir ab, weil bei ihnen auch auf Druck nicht entsprechend reagirt wird. Es erschien mir als das Lohnendste, eine vergleichende Durchforschung von Glans und Praeputium in Angriff zu nehmen, denn hier liegen die vorausgesetzten Verschiedenheiten dicht neben einander. Zu meinem Bedauern muss ich gestehen, dass bis jetzt die Untersuchungen noch nicht weit genug vorgeschritten sind, um darüber endgültige Mittheilungen zu machen. Ich erfreue mich bei diesen Arbeiten der fleissigen Mitwirkung des Hrn. Dr. med. Georg Thilenius, der mir von Hrn. Geh. Rath Waldeyer als einer seiner fähigsten Laboranten zugewiesen worden ist. Durch die Güte der HH. Geh. Rath Virchow und Prof. A. Fränkel erhielten wir das Material 2—6 Stunden nach dem Tode. Die makroskopische Praeparation des n. dorsalis penis ergab nichts Neues.[2] Für die mikroskopische Untersuchung wurden wesentlich zwei Methoden verwerthet: 1. Vorbehandlung mit einprocentiger OsO_4, Reduction in Acet. pyrolignos. crud. 2. Vorbehandlung mit $AuCl_2$, Reduction in Ac. fornic. oder Acid. acet.

Für den Augenblick scheint nach einer Zusammenstellung des Hrn. Thilenius und auch nach dem Urtheile des Hrn. Waldeyer folgendes sicher zu sein. In der Glans penis existiren sogenannte Genitalnervenkörperchen, die aber trotz ihrer Grösse und unregelmässigen Gestalt als modificirte Tastkörperchen angesehen werden können, wofür das Verhalten des Axencylinders innerhalb derselben spricht. Wahrscheinlich finden sich ferner Krause'sche Endkolben, sicherlich Vater'sche Körper. Dagegen scheinen die von Tomsa behaupteten sogenannten freien Endigungen zu fehlen; in den besten Gold- und Osmiumpraeparaten, die sonst Alles deutlich zeigen, bemerkt man im

---

[1] Besonders an Kälteempfindungen, was vielleicht teleologisch damit zusammenhängt, dass das Glied beim Beischlaf nur Wärme aufzunehmen braucht. — Die Harnröhre ist nach meinen Untersuchungen mittelst Metallbougies und des Psychrophors in ihrer ganzen Länge temperaturempfindlich. Ueber die Pars membranacea vgl. auch Guyon in *Arch. de physiol. norm. et pathol.* 1889. S. 642 ff.

[2] Vgl. Finger, Beitrag zur Anatomie des männlichen Genitale. *Sitzungsbericht der Wiener Akad.* XC, III. S. 294 u. *Vierteljahrsschr. für Dermatol. und Syph.* XII, 1. S. 89. 1885.

Digitized by Google

Epithel wohl die Langerhans'schen Zellen (Leukocyten?), aber keine Nervenfasern, wie sie etwa im Epithel der Hornhaut vorhanden sind, was sich vielleicht dadurch erklärt, dass die etwas rohe Methode Tomsa's ihn die zerstörten bezw. aufgelösten Genitalnervenkörperchen für freie Endigungen halten liess. Im Praeputium, das unseres Wissens bisher weder seinem Gewebe nach bestimmt, noch seinen Nerven nach untersucht ist, kann man reichliche Nerven nachweisen, die von der Dorsalseite des Penis einstrahlend zum Frenulum zu verlaufen scheinen. Von Nervenendigungen sieht man Vater'sche Körper von demselben Baue, jedoch etwas kleiner als die im Mesenterium der Katze; ferner findet man in einer ungefähr 1^{cm} breiten Zone unterhalb der Umschlagsstelle des äusseren zum inneren Praeputialblatte und zwar ausnahmslos an der äusseren Seite einen dichten Kranz von regelmässig geformten Körperchen, die mit Tastkörpern die grösste Aehnlichkeit haben und wohl auch morphologisch als solche anzusehen sind. In 100 Schnitten von 15 μ Dicke gab es deren nicht weniger als 48. Die bindegewebige Hülle zeigt die typischen quergestellten Kerne und der Nerv tritt in gerader Linie in die Basis des ellipsoiden, in einer Cutispapille gelegenen Körpers. Ueber den weiteren Verlauf des Axencylinders und etwaige intraepitheliale Fasern ist bisher nichts Sicheres ermittelt. In sehr dunklen Goldpraeparaten liefen freilich kleine Fäserchen unregelmässig und oft unterbrochen bis in die Papillen hinein, doch ist es nicht möglich zu sagen, ob es sich dabei um Nervenfasern oder um elastische Fasern handelt. Aus physiologischen Gründen muss, wie ich glaube, für unsere Zwecke der Nachdruck auf die sogenannten freien Endigungen gelegt werden.

Obwohl wir demnach über die besonderen peripherischen Endapparate im Augenblick nichts Sicheres aussagen können, so haben wir doch wenigstens den einen Vortheil: den Weg zu sehen, auf dem man einzig und allein zu einer sicheren Kenntniss der Terminalorgane des Temperatursinnes zu gelangen vermag.

B. Pathologisches.

1. Was bisher über die Verhältnisse in Rückenmark und Gehirn experimentell ermittelt ist, besitzt einigen Wert für die Pathologie des Temperatursinnes. Vermuthungsweise hat man bald die Rinde des Gyr. fornicatus, bald die motorische Region als Centrum der Temperaturempfindungen bezeichnet. Eigentliche Untersuchungen jedoch liegen bloss von A. Herzen vor.[1] Herzen hatte die oben berichteten und von uns

[1] Herzen in *Rev. méd. de la Suisse Rom.* III, 372. 1883; *Arch. des sciences phys. et natur.* XV, 582. 1886; Pflüger's *Archiv.* XXXVIII, 96. 1886. — Ueber diese Versuche: Goldscheider in *diesem Archiv.* 491. 1887; Ziehl in der *Deutschen med. Wochenschr.* XV, 337. 1888.

Digitized by Google

bezweifelten Experimente mit eingeschlafenen Gliedern angestellt, ferner einen Kranken beobachtet, an dessen unteren Extremitäten die Empfindlichkeit für Berührung und Kälte geschwunden, für Wärme und Schmerz erhalten war und dessen Section eine Myelitis ergab, welche die Hinterstränge und die directe Kleinhirnseitenstrangbahn ergriffen, Vorderstränge und graue Substanz dagegen ganz verschont hatte. „Die Spaltung des Temperatursinnes in zwei unabhängige Sinne erschien nun als höchst wahrscheinlich (?) und es hatte ausserdem den Anschein, als sei der Kältesinn irgendwie an die Fähigkeit, Tasteindrücke zu empfinden und der Wärmesinn an die Fähigkeit Schmerz zu empfinden gebunden; die Vermuthung drängte sich nun auf, es mögen die Kälteempfindungen, wie die rein tactilen, durch die Hinterstränge des Rückenmarks und die Wärmeempfindungen wie der Schmerz durch die graue Substanz zum Gehirn geleitet werden." Das Ergebniss einer (!) Operation entsprach dieser Annahme. Bei einer erwachsenen Katze wurde das hintere Viertel des Rückenmarkes durchschnitten, rechts, an der Austrittsstelle des ersten Halsnerven. Das Thier reagirte nach der Heilung rechts nicht auf Tast- und Kälteeindrücke, während links deutliche Rückwirkung auf Kälte stattfand.

Zum Zwecke der Localisation auf der Grosshirnrinde hat Herzen zwei Versuche angestellt, die annähernd zu demselben Ergebniss führten. Beide Male wurde die unmittelbar hinter dem linken Gyr. sigmoideus belegene Windung sammt einem kleinen Theile des hinteren Randes jenes Gyrus exstirpirt; das erste Mal verlor das Thier bloss Kälteempfindlichkeit, das zweite Mal Tast- und Kälteempfindlichkeit. Hr. Herzen glaubt sich hiernach zu fünf Folgerungen berechtigt, von denen die drei wichtigsten also lauten: 1. Dieselbe Region der Hirnrinde (Gyr. sigm.) enthält das Centrum oder die zu ihm führenden centripetalen Leiter für Tast- und Kälteempfindungen. 2. Tast- und Kälteempfindungen werden im Rückenmark durch die Hinterstränge geleitet. 3. Die Beobachtungen am gesunden und kranken Menschen zeigen, dass bei pathologisch oder experimentell aufgehobener Empfindlichkeit für Kälte die Empfindlichkeit für Wärme erhalten sein kann; sie wird demnach von anderen Nerven, durch andere Bahnen zu anderen Hirncentren vermittelt.

Zunächst ist einzuwenden, dass die sehr geringe Anzahl der Experimente kaum zu irgendwelchen Schlüssen berechtigt. Alsdann muss es als ein recht auffallender Mangel betrachtet werden, wenn nirgends von einer thatsächlichen Prüfung der Schmerzempfindlichkeit der Versuchsthiere die Rede ist. Sollte sie wirklich ganz unterlassen worden sein? Ein drittes Bedenken macht Goldscheider geltend. Er meint, dass bei vorausgesetzter Richtigkeit der Herzen'schen Ansicht die Tabiker sehr gewöhnlich eine Herabsetzung der Kälteempfindlichkeit bei unversehrter Wärme-

Digitized by Google

empfindlichkeit zeigen müssten, was doch nicht der Fall sei. Diesem Einwurfe liegen zwei bedenkliche Voraussetzungen zu Grunde, nämlich die, dass grau degenerirte Rückenmarksstränge ganz leitungsunfähig seien, und die weitere, dass es sich bei Tabes lediglich um eine Hinterstrangserkrankung handele. Das letzte ist sicherlich unrichtig, denn nicht nur sind stets die hinteren Wurzeln betheiligt, sondern auch oft die peripheren Nerven und manchmal sogar graue Substanz und Gehirn. (Jendrassik, Ziehl.) Aber gleichviel. Jedenfalls genügen Herzen's Versuche nicht, um die wichtige Frage nach einem für die Temperaturempfindungen bestimmten Rindenbezirk zu beantworten. Daher habe ich vom August 1891 ab neue Untersuchungen angestellt, die freilich noch nicht abgeschlossen sind, indessen schon einigen Ertrag geliefert haben.

Es kam zunächst darauf an, ein Versuchsverfahren zu finden, durch das Bewegungsreactionen auf noch nicht schmerzhafte Temperaturreize an Hunden hervorgelockt werden. Denn Bewegungen sind auch in diesem Falle das einzige Mittel der Beobachtung. Ich dachte freilich daran, den Widerwillen der Thiere gegen kaltes Wasser zu benützen. Aber es zeigte sich bald, dass die Hunde sich schon durch Riechen und Fühlen des Dampfes, also nicht erst durch Lecken der Flüssigkeit von ihrer Hitze überzeugen, und dass sie andererseits nach drei- und mehrtägigem Dursten auch das heisseste Wasser nicht verschmähen, sondern es, wenngleich unter Knurren und Winseln, saufen. Indessen auch für die Application thermischer Hautreize ergab sich eine befremdende Ungleichheit der Reaction bei verschiedenen Thieren. Während die einen trotz wochenlanger Dressur für Berührungs- und Temperaturreize unterschiedslos sehr empfindlich bleiben, geben andere erst bei sicherlich schmerzhaften Wärme- oder Kältegraden ein Zeichen von sich. Ein Thier z. B. zog sein Bein erst nach durchschnittlich zwei Minuten aus einer Kältemischung von — 20° C., dann natürlich unter allen Zeichen des Schmerzes. Es bleibt daher nichts übrig, als dass man vor den eigentlichen Versuchen sehr sorgfältig die Empfindlichkeit der Hunde prüft, und nur solche von mittlerer Empfindlichkeit für die Experimente wählt.

Die Versuche am normalen Hunde beginnen zweckmässig mit Feststellung der Schmerzgrenze. Hält man das Thier an den Vorderpfoten so, dass sein Gesicht dem des Beobachters zugewendet ist, und setzt nun die Hinterpfoten in kaltes oder warmes Wasser, so zeigt das Thier schon bei mittleren Graden das lebhafteste Bemühen, die Beine aus dem Wasser heraus auf den Rand des Gefässes oder an den Boden zu bringen. Hieran kann nicht die mässige Wärme oder Kühle, sondern nur die feuchte, flüssige Beschaffenheit des Wassers Schuld sein. In der That verhält sich der Hund ganz anders, wenn er auf leidlich feste Unterlagen gestellt wird

Digitized by Google

z. B. auf erhitzten Sand oder kleine Eisstücke, die durch Salzzusatz in ihrer Temperatur erniedrigt sind. Alsdann liegt die Schmerzgrenze, im Durchschnitt, bei einer Minute Temperatureinwirkung, nach oben bei + 59° C., nach unten bei — 10° C. Die Schmerzreaction ist ganz unverkennbar, so mannigfach auch ihre Ausdrucksformen bei verschiedenen Individuen sind: Zuckungen im ganzen Körper, Schreien, Fluchtversuche, krampfhaftes Herausschleudern eines Fusses und das Bemühen, den anderen wenigstens auf den Rand des Gefässes zu bringen, treten regelmässig nach Verlauf einer Minute ein. Ganz anders die Temperaturreaction, die man am deutlichsten bei + 50° C. und — 3° C. (im Mittel), wiederum bei einer Minute Temperatureinwirkung, erhält. Sie besteht im langsamen Zurückziehen eines beliebigen der beiden hineingesetzten Beine. Nachdem dies geschehen ist, setzt der Hund das Bein wieder zurück, um das andere herauszuziehen und abkühlen zu lassen. Dies gilt von den Hinter- wie von den Vorderpfoten.

Haben wir also hiermit schon ein Mittel gewonnen, das Vorhandensein oder Fehlen der Temperaturempfindung zu prüfen, so besitzen wir doch ein noch besseres in einer sehr interessanten Thatsache. Der Hund werde vom Assistenten so gehalten, dass die linke Hand den nach vorn kommenden Bauch umspannt, die rechte den Kopf nach oben drückt, um die Möglichkeit des Sehens auszuschliessen. In dieser Lage sind alle vier Beine frei und leicht beweglich. Wenn man nun mit irgend einem Gegenstande vorsichtig unter die Sohle kommt und den Fuss etwas hebt und senkt, so lässt sich das Thier das in grösster Ruhe gefallen; sobald aber der Gegenstand sehr kalt oder warm ist, zuckt es sofort zurück und ist durch nichts zu bewegen, den Fuss auf dem Reizobjecte zu lassen. Besonders auffällig ist es an den feiner empfindenden Vorderpfoten und bei Anwendung von Kälte.

So liegen die Verhältnisse beim normalen Hunde. An Hunden, denen Hr. Prof. Munk vor längerer Zeit den linken Gyrus sigmoideus (die Vorderbein- und Hinterbeinregion) exstirpirt hatte, habe ich Folgendes beobachtet. Die Schmerzempfindlichkeit ist an den rechten Extremitäten herabgesetzt und beginnt etwa bei + 70° C. und — 18° C. Rechtes Vorder- und Hinterbein, auf warmen Sand bezw. eine Kältemischung gesetzt, reagiren noch bei + 55° bezw. — 9° auf Temperatur nicht. Und bei dem zuletzt beschriebenen Versuche zeigt sich besonders evident, dass die rechten Pfoten unempfindlich gegen Temperaturen sind, denn sie werden ruhig auf dem kalten (warmen) Eisen gelassen, während die linken die beschriebenen Erscheinungen bieten. Demnach erscheint der Gyr. sigm. als der Rindenbezirk, an dessen Unversehrtheit das Zustandekommen von Temperaturempfindungen wesentlich geknüpft ist. Ich komme auf diese Versuche anderswo noch ausführlich zurück.

Digitized by Google

2. Im engen Zusammenhang nun mit solchen experimentellen Untersuchungen stehen die pathologischen Erfahrungen. Es sei gestattet, der Erörterung über die Abweichungen des Temperatursinnes bei Nervenerkrankungen eine kurze Terminologie vorauszuschicken, damit jede Unklarheit vermieden werde. Wir bezeichnen mit Oxyaesthesie das normale Empfindungs-, mit Akroalgie das normale Schmerzvermögen. Hyperaesthesie liegt da vor, wo das Empfindungsminimum geringer ist als normal, Hyperalgesie dort, wo das Schmerzminimum geringer ist als normal. Die verminderte Erregbarkeit für nicht schmerzhafte Reize hat die Hypaesthesie, die aufgehobene Erregbarkeit die Anaesthesie zur Folge; die von der normalen überhaupt abweichende Erregbarkeit hat die Paraesthesien zur Folge, die demgemäss sowohl die aus inneren Reizen stammenden sog. „sensiblen Reizerscheinungen" als auch die von der äusseren Einwirkung abhängige „perverse Temperaturempfindung" umschliessen.

Was die reichhaltige Litteratur[1] uns bietet, sind leider alle nur denkbaren Combinationen. Am seltensten findet sich die „verlangsamte Leitung" und das Vorkommen abnormer Nachempfindungen bei Temperaturwahrnehmungen berichtet. In der That habe ich bei 23 Rückenmarkskranken, die ich besonders in den Polikliniken der HH. Dr. Moll und Dr. Sperling untersuchen durfte, von Beidem nichts entdecken können, obwohl die Erscheinungen für Berührung und Schmerz in einzelnen Fällen sehr deutlich vorhanden waren. Nicht selten (in 6 Fällen) fand ich dagegen das sehr merkwürdige, in einem anderen Kapitel erklärte[2] Phaenomen, dass die Kranken die Qualität und den Grad des Temperaturreizes erkannten, jedoch nicht wussten, an welcher Stelle er applicirt worden war. Fälle wirklicher Hyperaesthesie für Kälte und Wärme sind mir nicht vorgekommen, auch nicht bei Meningitis spinalis; Uspenskij's Bericht ist kaum genau genug, und Nothnagel hat die Hyperaesthesie nur einmal bei einem Zoster intercostalis beobachtet. Sie scheinen demnach nur äusserst vereinzelt sich zu finden. Verhältnissmässig häufig (vgl. die Fälle bei Rosenthal, Eisen-

[1] Ausser den Lehrbüchern ist Folgendes zu erwähnen: Arndt in Eulenburg's *Real-Encycl.* XVI, 132; Leyden in Virchow's *Arch.* XXXI, 32; Nothnagel im *Deutschen Arch. f. klin. Med.* II, 294; Uspenskij in Virchow's *Arch.* XXXV, 301; Eigenbrodt, *Ebenda.* XXIII, 571; Berger in der *Wiener medic. Wochenschr.* 1872. S. 786; Ziehl in der *Deutschen med. Wochenschr.* XV, 335; Landois in der *Rev. méd.* II, 483. 1864; Déjerine u. Thuilant in *La méd. moderne.* 1891. II, 6; Rosenthal in Virchow's *Arch.* LXXII, 337; Eisenlohr, *Ebenda.* LXXIII, 82; Asch, *Ueber das Verhältniss des Temperatur- und Tastsinnes zu den bilateralen Functionen. Berl. Diss.* 1879. S. 19ff.

[2] Ich behalte mir überhaupt vor, den ausführlichen Nachweis dafür zu liefern, dass die Hauptgrundlage der nervösen Sensibilitätsstörungen bisher nicht gesehen worden ist. Sie liegt in Kreislaufsstörungen.

Digitized by Google

lohr, Asch u. A.) treten nun wieder Störungen der Art auf, dass neben Lähmung der anderen Qualitäten der Temperatursinn vollkommen normal bleibt oder umgekehrt allein afficirt wird. Wernicke[1] nimmt nach seiner Erfahrung an, dass Schmerz- und Temperaturempfindungen immer in demselben Verhältniss gestört seien, und ganz so steht es mit einem von M. Rosenthal sehr genau beobachteten und von Meynert postmortal untersuchten Falle.[2] Da ich auf Grund dreier Beobachtungen[3] mich dieser Ansicht anschliessen kann, so werden wir den zuletzt aufgestellten Satz dahin einschränken dürfen, dass unter „Qualitäten" bloss die Empfindungsclassen, mit Ausnahme des Schmerzes, verstanden werden.

Nun sind häufig deutlich ausgesprochene partielle Wärme-hyp(an)aesthesien und partielle Kälte-hyp(an)aesthesien constatirt worden, sowohl bei Tabes, Myelitis u. s. w., als auch bei Verletzungen des Ulnaris, Peroneus u. s. w. Ich habe zufälligerweise unter den von mir theils mit Probirgläschen oder Metallcylindern, theils mit Eulenburg's umständlichem Thermaesthesiometer geprüften Kranken keinen solchen Fall gehabt. Immerhin glaube ich Eins sagen zu können, dass nämlich derartige „partielle Empfindungslähmungen" (Puchelt) nicht auf die isolirte Erkrankung von Wärme- bezw. Kältenerven zurückzuführen sind, und dass die schönen Hypothesen von der verschieden grossen Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Fasern auf Sand gebaut sind. Generell verschiedene Nerven giebt es nicht. Die Erklärung muss aus den Endapparaten, entweder aus den peripherischen oder aus den centralen, abgezogen werden; von den Verbindungsfasern liesse sich bloss annehmen, dass sie unter pathologischen Verhältnissen Leitungswiderstände wechselnder Natur bieten könnten, von denen die einen sich nur für Druckempfindungen, die anderen nur für Temperaturempfindungen u. s. f. geltend machen. Dasselbe Princip ist auf die als „Perversität"[4] bekannte Paraesthesie auszudehnen. Bei Erkrankungen des verlängerten Markes bezw. der Brücke sollen Fälle vorkommen, wo unter Verlust der Kälteempfindlichkeit und bei andauernden subjectiven Wärme-

[1] Wernicke, *Lehrb. der Gehirnkrankheiten.* I, 266.

[2] Rosenthal, *Handb. der Diagnostik u. Therapie der Nervenkr.* S. 190.

[3] Darunter die einer Syringomyelie, für die ja theilweise Empfindungsstörungen geradezu kennzeichnend sind. Ein Unterschied zwischen Wärme- und Kälteempfindlichkeit fand sich nicht. Wenn Déjerine und Thuilant einen solchen festgestellt haben wollen, so glaube ich das ebenso wenig, wie wenn sie die Analgesie ihres Patienten leugnen und im selben Athemzuge erwähnen, er habe Wasser von + 90° C. nicht gespürt.

[4] Unrichtig auch Perversion genannt. — Hr. Prof. Strümpell war so freundlich, mir in seiner Erlanger Klinik einen solchen Fall vorzuführen, ohne mich jedoch davon überzeugen zu können, dass die übliche Untersuchungsweise genau und einwandsfrei ist.

Digitized by Google

empfindungen Eis als warm wahrgenommen wird, während das umgekehrte Verhältniss meines Wissens noch nie beobachtet worden ist. Hierbei ist besonders zu beachten, dass die Grundlage eine Anaesthesie ist und auf ihr sich erst die Paraesthesie erhebt.

Für ein differentes Verhalten der Wärme- und Kälte-Empfindlichkeit bei Gehirnerkrankungen fehlen bis jetzt Nachweise. Hingegen haben wir eine reiche Casuistik dafür, dass Erkrankungen des Gehirns Thermoanaesthesie bei unversehrtem übrigen Empfindungsvermögen oder die umgekehrte Störung nach sich ziehen können. Ich verweise kurz auf die Hauptautoren: Puchelt (zwei Fälle), Berger, Landois und Mosler. Die letztgenannten Forscher schliessen sogar aus ihren Beobachtungen, dass das Centralorgan des Druck- und Ortssinnes an einer anderen Stelle des Gehirns gelegen sei als das des Schmerzes und des Temperatursinnes. Hierüber jedoch, sowie über die Localisation im Rückenmarke gebührt der Physiologie das entscheidende Wort; die Mangelhaftigkeit der meisten klinischen Untersuchungen und die ausserordentliche Schwierigkeit, mittels der Section die normale Beschaffenheit bestimmter Regionen festzustellen, verweist die Pathologie in die Reihe der Hülfsmittel. Wir werden daher, ehe nicht die gesicherten Ergebnisse vielfältiger vivisectorischer Versuche vorliegen, über die von der Pathologie angeregten Fragen uns eines ausführlicheren Urtheiles enthalten müssen.

3. Ich gehe jetzt zur Besprechung einiger Punkte über, die im weiteren Sinne des Wortes auch zur Pathologie gehören, indessen in weniger schweren Störungen bestehen. Und zwar haben uns zunächst die Narben zu beschäftigen. Weber[1] und Schiff[2] behaupten, dass Narben thermoanaesthetisch seien; Schiff fügt zur Erklärung hinzu: „die narbige Haut dehnt sich ungleich und von der gesunden verschieden aus, setzt der Zusammenziehung durch Kälte vielleicht mehr Widerstand entgegen, und so kann das normale Gefühl nicht zu Stande kommen." Weber hat ferner Personen geprüft, deren Haut in beträchtlichen Strecken durch heftige Verbrennung und durch die darauf folgende Eiterung zerstört worden war; sie führten zu dem Resultate, „dass die Patienten mit den Theilen der Haut, deren Tastorgane zerstört und nicht vollkommen reproducirt worden waren, Wärme und Kälte nicht unterscheiden konnten." Donaldson[3] erklärt Weber's Ergebnisse aus seiner Unkenntniss der Blix'schen Punkte. Nothnagel[4] macht Unterschiede nach der Tiefe der Narben: je oberflächlicher dieselben, desto unbedeutender sei ihr Einfluss auf den Temperatursinn; auf granulirenden Geschwürflächen fehle jegliche Temperaturempfind-

[1] A. a. O. S. 511. — [2] A. a. O. S. 166. — [3] A. a. O. S. 409. — [4] A. a. O. S. 293.

Digitized by Google

lichkeit. Endlich ist an Lussana's Beitrag zu erinnern. Lussana untersuchte die Sensibilität in einem Falle von grossem Hautdefect in Folge einer 35 Jahre vorher erfolgten Verbrennung und fand, dass der Temperatursinn in der Papillarkörperschicht noch bestand. Ich habe an acht Personen — darunter ich selber — Narben und an einer Person eine verletzte Hautfläche untersucht und, so gut es ging, jedes Mal festgestellt, welche Schichten vorhanden und welche verschwunden waren. War bloss die Lederhaut vorhanden, so wurde weder Wärme noch Kälte gespürt, lagen jedoch noch untere Schichten der Epidermis auf, so bestand eine mehr weniger grosse Temperaturempfindlichkeit. An erysipelatös oder phlegmonös entzündeten Stellen constatirte ich in drei Fällen Hyperalgesie, dagegen keine Hyperaesthesie.

Was die Einwirkung lange anhaltender Wärme und Kälte auf die Temperaturempfindlichkeit betrifft, so vermag ich bloss die Angaben älterer Autoren (Stolnikow, Nothnagel, Erb u. A.) zu bestätigen. In einer Reihe von Versuchen habe ich den ganzen Körper der Veränderung ausgesetzt, indem ich je zehn Minuten lang in warmen Bädern von 30° C. und in kalten von 15° C. blieb. Der Erfolg war immer der gleiche: die Reizempfindlichkeit war herabgesetzt (es wurde z. B. an einer Stelle, die sonst + 32° C. als warm empfindet, erst + 34° C. für warm gehalten), und die Unterschiedsempfindlichkeit war vermindert (es wurde z. B. an einer Stelle nicht + 17·5 und 17·8° C., sondern erst 17·5 und 18·2° C. als verschieden wahrgenommen). In einer zweiten Serie liess ich die Wärmezufuhr oder die Wärmeentziehung örtlich wirken durch halbstündiges Eintauchen der Hand in eine durch Zusatz gleichmässig auf + 40° gehaltene Flüssigkeit oder durch halbstündige Application eines Eisbeutels auf den Vorderarm. Das Resultat war dasselbe, sowohl für Wärme- wie für Kältewahrnehmungen. Dass es sich hierbei immer um „Ermüdung" d. h. um Abstumpfung der Erregbarkeit peripherer Endapparate handelt, unterliegt wohl keinem Zweifel.

Blutfülle und Blutmangel scheinen eine verschiedene Wirkung auf die absolute (und relative) Temperaturempfindlichkeit auszuüben, wie bereits von Alsberg[1] beobachtet worden ist. Hält man den Kopf längere Zeit gesenkt und lässt dann den Gehülfen Stellen prüfen, deren normale Function bekannt ist, so zeigt sich eine geringe Hypaesthesie und Schwächung des Unterscheidungsvermögens. Eine Verfeinerung dagegen tritt ein, wenn man das abgeschnürte vorderste Glied eines Fingers längere Zeit in diesem Zustande lässt. Alsberg's Erklärung ist mir nicht ganz verständlich geworden; sie gipfelt darin, dass bei zu geringer Füllung der Gefäss-

[1] Alsberg, Ueber Raum- und Temperatursinn. *Marburger Diss.* 1863.

Digitized by Google

papillen die Oscillationen der Tastkörperchen beschränkt werden, die Verminderung der Wärme aber bei dem langsameren Durchfluss des Blutes langsamer ausgeglichen, jedes Nervenende mithin stärker abgekühlt wird. Nach meiner Ansicht liegt ein Hauptgrund darin, dass die durch die Hyperaemie bewirkte Erhöhung des organischen Temperaturgefühles die Wahrnehmung der modalitätsgleichen Aussenreize erschwert, Anaemie sie aus der umgekehrten Veranlassung her entsprechend erleichtert; ein zweiter Hauptgrund liegt in der Bedeutung der Ernährung der Haut für ihre Function.

Einen Einfluss der galvanischen Elektricität hat Nadjeschda Suslowa[1] behauptet, M. Bernhardt[2] — und meines Erachtens mit Recht — bestritten. Wird einer Extremität mittels Wasserbades der constante Strom zugeführt, so soll die Kälteempfindlichkeit bei Berührung der Haut mit einem Reagensglase voll Eis an der Kathode deutlicher sein als an der Anode. Weder vier meiner Versuchspersonen noch ich haben das je entdecken können.

Zu wirklichen Ergebnissen bezüglich unseres Gegenstandes führt die innerliche und äusserliche Anwendung von Arzneimitteln.[3] Dass die Anwendung des Menthols, am bequemsten in der Form des Migrainestiftes, Kältehyperaesthesie erzeugt, haben wir bereits oben erwähnt. Bepinselung des Auges, des weichen Gaumens und des Zäpfchens mit Sol. Cocaini mur. 5/100·0 macht diese Theile für Druck und Schmerz anaesthetisch, ohne ihre absolute wie relative Wärme- und Kälteempfindlichkeit zu beeinträchtigen. Bei der Haut habe ich selbst unter Einwirkung einer 20 procentigen Lösung keine Wirkung gesehen. Sehr deutlich dagegen sind die Folgen der subcutanen Injection, die ich mehrfach durch Hrn. Dr. Moll an verschiedenen Gegenden bei mir ausführen liess. Die betroffene Region wird schon durch 0·005 grm einer 10 procentigen Lösung sehr schnell für strahlende Wärme (Kälte), etwa eine halbe Minute später für Berührungstemperaturen unempfindlich, alsdann erst für tactile, elektrische und schmerzhafte Reize. Denselben Weg nimmt die nach Stunden und manchmal erst nach Tagen erfolgende Restitution. Beachtenswerth ist, dass eine kleine elliptische Aussenzone entsteht, die eine erhebliche Hyperaesthesie für alle Reizgruppen aufweist. Ebenso stellt sich der Einfluss einer Einspritzung mit 0·015 Morphini hydrochlor. — Innerlich habe ich nach Kesseler's Vorgang Kal. brom. und Chloralhydrat genommen, welche beide eine Herabsetzung, nicht einen Ausfall der Temperaturempfindungen

[1] Suslowa in *Zeitschr. für rat. Med.* III, R., XVII, 155.

[2] A. a. O. S. 15.

[3] Vgl. Jacob Kesseler, *Untersuchungen über den Temperatursinn. Bonner Diss.* 1884. — Goldscheider im *Arch. f. Psychiatrie.* 1887. S. 24 ff.

Digitized by Google

verursachten. Bei Coffeïn und — im Gegensatz zu Kesseler — auch bei Cognac beobachtete ich erst eine Zunahme, alsdann, nach durchschnittlich einer Viertelstunde, Abnahme der Temperaturempfindlichkeit. Auf detaillirte Mittheilung der Einzelversuche verzichte ich.

Zum Schluss dieser Aufzählung ein Paar Worte über die durch Ziehpflaster gesetzten Veränderungen. Was Nothnagel hierüber berichtet,[1] habe ich am eigenen Leibe bestätigt gefunden. Sinapismen haben sowohl an der Ansatzstelle als auch in deren Umgebung einerseits Hyperalgesie, andererseits Abschwächung der Reiz- und Unterschiedsempfindlichkeit für Temperaturreize zur Folge. Wenn man annimmt, dass die Thätigkeit der Vesicantia in einer Verdünnung der Oberhaut besteht, so stimmt diese Thatsache vortrefflich mit den übrigen Beobachtungen. Nun will Adamkiewicz[2] ausserdem gefunden haben, dass, während Tast- und Schmerzempfindlichkeit durch Senfpflaster an der Stelle der Reizung erhöht, an der entsprechenden anderen Seite herabgesetzt werden, ein solcher „sinapiskopischer Transfert" beim Temperatursinn nicht existirt. Es seien also Tast- und Schmerzsinn „bilaterale Functionen", die bilaterale Function aber der Ausdruck eines doppelseitig angelegten Nervenapparates, und deshalb dürften „die Temperaturnerven mit denen des Schmerzes und des Tastsinnes nicht identificirt werden." Obwohl von vornherein gegen alle Transfert-Berichte misstrauisch,[3] habe ich mir nicht die Mühe verdriessen lassen, diese Behauptungen nachzuprüfen. Sie scheinen mir gänzlich unberechtigt zu sein. Für mechanische, elektrische, schmerzhafte Reize besteht genau dasselbe unilaterale Verhältniss wie für die Temperaturreize.

Ueberblicken wir noch einmal den Gewinn, der sich aus den Beiträgen der Pathologie ziehen lässt. Während die experimentelle Physiologie bisher sichere Anhalte kaum bietet, lehren Erkrankungen der peripheren Nerven, des Rückenmarkes und des Gehirnes, sowie die Wirkungen gewisser Medicamente, dass der Temperatursinn in einem bestimmten Umfange unabhängig von den übrigen Sensibilitätsmodalitäten ist und am nächsten dem Schmerze steht. Die Untersuchungen an Narben und mit Ziehpflastern zeigen die Temperaturempfindungen an die tieferen Schichten der Oberhaut gebunden. Endlich wissen wir, dass Hyperaemie die Empfindlichkeit für Wärme und Kälte erschwert, localisirte Anaemie sie erleichtert. Dies führt nun unmittelbar zu der rein physiologischen Untersuchung hinüber.

---

[1] A. a. O. S. 292.

[2] Adamkiewicz, *Die Secretion des Schweisses eine bilateral-symmetrische Function.* Berlin 1878. Auch a. a. O. S. 25 ff.; Adler, *Ein Beitrag zur Lehre von den bilateralen Functionen. Berl. Diss.* 1879.

[3] Dessoir, *Bibliographie des modernen Hypnotismus, Vorbemerkungen.*

Digitized by Google

C. Physiologisches.

1. Das erste Problem, das wir in der Lehre vom Temperatursinne als ein lediglich physiologisches bezeichnen können und erörtern wollen, betrifft die Unterschiede der Temperaturempfindlichkeit an verschiedenen Körperstellen.[1] Die Eigentemperatur der Haut geht uns dabei nichts an; es genügt, wenn wir uns das von dem Verfasser berechnete Mittel von 33·46° C. für die Körperoberfläche im Durchschnitt merken. Auch die Empfindlichkeit in inneren Organen werden wir nicht nochmals prüfen, nachdem sie bereits im vorigen Abschnitt untersucht worden ist; nur nebenbei sei hinzugefügt, dass die Epiglottis sich durch besondere Feinheit auszeichnet.

Bemerkenswerth ist zunächst der stumpfere Temperatursinn der Medianlinie im Vergleich mit den seitlichen Partien, worauf Weber[2] und Nothnagel[3] hingewiesen haben. Wandert man mit einem gleichmässigen Wärmereiz von der Nasenspitze zu den Nasenflügeln, so glaubt man eine beträchtliche Erhöhung der Temperatur zu fühlen, während etwas Aehnliches für Druck und Schmerz sich nicht feststellen lässt, vielleicht jedoch für die elektrocutane Sensibilität. Möglicherweise hängt diese auffallende Thatsache mit der Kreuzung der sensiblen Nerven in der Mittellinie zusammen. Dafür spricht auch die alte klinische Erfahrung, dass bei halbseitigen Ausfallerscheinungen zwischen den beiden Seiten eine so zu sagen neutrale Zone verbleibt. „Kommt man", so berichtet Nothnagel, „bei linksseitiger Anaesthesie mit der Nadel von der linken Seite her, so geben die Patienten erst $1—1^1/_2''$ nach rechts von der Mittellinie an, dass sie anfangen schärfer zu fühlen; und nähert man sich umgekehrt von rechts her, so beginnt die Anaesthesie erst $1—1^1/_2''$ nach links von der Medianlinie." Ich kann freilich die Bemerkung nicht unterdrücken, dass ich beim nochmaligen medialwärtigen Zurückgehen diesen Ueberschuss nicht mehr beobachtete: ob nun die erste oder die zweite Angabe der Kranken auf einer Urtheilstäuschung beruht, muss dahingestellt bleiben. Des Ferneren bleibt zu beachten, dass selbst Querschnittsunterbrechungen des Rückenmarks wegen der weitgreifenden Stellvertretung sensibler Nerven in ihren Leistungen und des curvenförmigen Charakters der Grenzlinien zwischen empfindlichen und anaesthetischen Hautregionen keine ganz reinen Resultate liefern.

[1] Ausser den bereits gegebenen Stellennachweisen zu vergleichen: Pollitzer im *Journ. of Physiol.* V, 143. 1884/5; Eichhorst in *Zeitschr. für klin. Med.* XIV 519. 1888; Külpe in *Philos. Studien.* VII, 159. 1891.

[2] A. a. O. S. 555. — [3] A. a. O. S. 287.

Digitized by Google

Eine zweite bemerkenswerthe Thatsache ist die grössere Temperaturempfindlichkeit der linken gegenüber der der rechten Körperseite. Von fünfzehn untersuchten Persönlichkeiten haben zwölf sich so entschieden; zwei erklärten, keinen Unterschied zu fühlen und nur einer bevorzugte die rechte Seite. Analog wurde in Aubert-Kammler's Experimenten das Minimum perceptibile einer Berührung an Händen und Füssen fast durchweg geringer für die linke als für die rechte Seite angegeben. Ebenso fand Külpe in Versuchen mit schmerzhafter Dauerreizung die Empfindung links etwas intensiver als rechts und die Reaction dort schneller als hier. Vielleicht beruht der seltsame Unterschied auf der verschieden grossen Häufigkeit, mit der die rechte und die linke Seite im gewöhnlichen Leben von Reizen getroffen werden.

Als eine Besonderheit pflegen die Lehrbücher die grössere Empfindlichkeit der Dorsalseite der Finger gegenüber der der Volarseite anzugeben. Das ist richtig in Bezug auf die Reizschwelle für Temperaturen und Schmerz, unrichtig in Bezug auf die Unterschiedsempfindlichkeit. Mit anderen Worten: die Dorsalseite der Finger empfindet eher etwas warm und schmerzhaft als die Volarseite, aber sie besitzt nicht grössere Feinheit im Erkennen von Temperaturdifferenzen. Hierin steht sie vielmehr ungefähr um das Doppelte zurück. Will man einen numerischen Maassstab dafür haben, um wieviel eher der Fingerrücken den Temperaturschmerz empfindet, so darf man nicht den ganzen Finger in heisses Wasser stecken, denn alsbald verschmelzen die Eindrücke beider Seiten zu einem schwer trennbaren Ganzen. Man experimentirt am bequemsten, indem man die Dorsal- und Volarfläche desselben Fingergliedes in Pausen nacheinander in die Flüssigkeit gleichmässig tief einsenkt und die Zeit misst, welche zwischen Wärme- und Schmerzempfindung jedesmal vergeht. Dann erhält man z. B. folgende Zahlen für das letzte Glied des linken Zeigefingers:

Person	Datum	°C	Dorsal A. M. aus 10	Volar	Person	Datum	°C	Dorsal A. M. aus 10	Volar
v. Bentivegni	11./V. 1891	50° Hg.	3988	9850	M. D.	11./V. 1891	50° Hg.	2480	4286
	13./V.		6295	12823		13./V.		2415	4871
			5501	14633				3924	5063
			4823	11987				3509	5399
Rawitz	25./IX. 1891	55°	817	2609		25./IX.	55°	1235	3048

Nach dieser Besprechung einiger besonders interressanter Einzelfälle kommen wir nunmehr zu den allgemeinen Bestimmungen der Temperatur-Unterschiedsempfindlichkeit an verschiedenen Haut-

Digitized by Google

stellen. Tafeln über solche Untersuchungen finden sich bei Nothnagel und Pollitzer, mit deren Resultaten meine Erhebungen im Ganzen sich decken. Ich habe je 15 Stellen je fünfmal an je 5 Personen untersucht und den Durchschnitt mittelst Ausgleichsrechnung gewonnen. Die Feststellung der Hauttemperatur erfolgte nicht nach von Liebermeister's umständlichem und unsicherem Verfahren, sondern mittelst eines Maximal-Flächenthermometers, dessen nach Art einer Uhrfeder ausgezogene Quecksilbermasse während der Zwischenzeiten auf + 33° C. erhalten wurde. Zur eigentlichen Prüfung bediente ich mich des Nothnagel'schen Apparates.[1] Naturgemäss mischt sich dabei in jeden Wärmereiz zugleich ein Berührungsreiz; es giebt indessen keine Möglichkeit, die strahlende Wärme derart abzustufen und zu localisiren, dass sie experimentell verwerthet werden kann. Die Reizempfindlichkeit lässt sich freilich so prüfen, dass man einen Thermokauter in der S. 259 geschilderten Versuchseinrichtung so weit senkt, bis die darunter liegende Hautstelle Wärme fühlt, und die absolute Empfindlichkeit dem Quadrate des Abstandes zwischen Wärmequelle und Hautstelle proportional setzt. Ich habe mich jedoch dieses Verfahrens nicht bedient, um nicht die Vergleichbarkeit der Ergebnisse für absolute mit denen für relative Unterschiedsempfindlichkeit zu beeinträchtigen. Als Reize dienten die Temperaturen + 32° C. bis + 35° C. Es bedeuten in der folgenden Tafel: die Zahlen der ersten Columne die Hauttemperatur der links genannten Fläche, die Zahlen der zweiten Spalte die zuerst als warm bezeichnete Reiztemperatur, die Zahlen der dritten Spalte die bei successiver Reizung zuerst als verschieden empfundene Differenz zweier objectiver Reize. Die Versuche haben den ganzen Mai 1890 und einen Theil des October 1890 in Anspruch genommen.

	H.-T.	R.-E.	U.-E.
Letztes Glied des linken Zeigefingers. Dorsum .	33	33·7	0·6
„ „ „ „ „ Vola . .	33·2	34	0·3
Mitte der rechten Wange	31·8	33·5	0·4
Vorder-Arm, etwa Mitte der Streckseite . . .	31·3	32·2	0·2
„ „ „ „ „ Beugeseite . . .	32	32·3	0·2
Ober-Arm, etwa Mitte der Streckseite	31·6	32·1	0·15
„ „ „ „ „ Beugeseite	32·4	32·3	0·2

[1] Chr. Leegaard (*Deutsches Arch. f. klin. Med.* XLVIII, Heft 3 u. 4) operirte mit einem kupfernen Kolben, der 70 ccm warmen Wassers und ein die Ablesung von 0·1° gestattendes Thermometer enthält und dessen vier quadratische Seitenflächen sowie die quadratische Bodenfläche in Berührung mit der Haut eines Kranken gebracht wurden.

Digitized by Google

Fortsetzung.

	H.-T.	R.-E.	U.-E.
Handrücken, in der Mitte	31	32·7	0·3
Hohlhand, in der Mitte	33·2	33	0·4
Brust, oben, aussen, über den Warzen	34·4	33·5	0·45
Fussrücken, in der Mitte	32·2	33·9	0·5
Oberbauch, in der Mitte	35·8	34	0·5
Unterschenkel, etwa Mitte der Streckseite . . .	34·2	34·5	0·7
„ „ „ „ Beugeseite . . .	33·8	34·5	0·6
Rücken, etwa Mitte	33·7	35	0·9

Ueberblicken wir diese Zusammenstellung und nehmen wir vorweg, was in anderen Abschnitten unserer Abhandlung aus ähnlichen Tabellen für den Druck- und den Weber'schen Raumsinn gefolgert werden wird, so gelangen wir zu folgenden Schlüssen. 1. Die Reiz- und Unterschiedsempfindlichkeit für Wärme ist am grössten in der Streckseitenmitte des Oberarms, am kleinsten in der Rückenmitte. 2. Der Einfluss der normalen Hauttemperatur auf die Temperaturempfindlichkeit ist klein. 3. Die Thermoaesthesie steht in keiner deutlichen Beziehung zur Dicke der Haut. 4. Sie schwankt in engeren Grenzen, als die Empfindlichkeit des Druck- und Raumsinnes an verschiedenen Körperstellen differirt. 5. Die Stellen grösster und geringster Temperaturempfindlichkeit sind nicht dieselben wie die des Drucksinnes und des Weber'schen Raumsinnes.

2. Zur Feststellung der Grenzen des Temperatursinnes d. h. derjenigen Temperaturen, bei welchen eben der Schmerz einzutreten beginnt, hat sich Donath[1] einer sehr künstlichen Methode bedient, welche obendrein fehlerhaft ist, weil seiner Beschreibung zu Folge die auf die Haut wirkende Temperatur mit der vom Thermometer gezeigten als identisch nicht angenommen werden kann. Ich habe die bekannten Reagenzgläschen gewählt und durch Aufsetzen die empfindlichste und die unempfindlichste Stelle des Körpers geprüft. Der Boden des Gläschens blieb jedesmal eine Secunde lang auf der Haut und die Temperatur der in ihm enthaltenen Flüssigkeit wurde so lange erhöht bezw. erniedrigt, bis für diesen als Normalmaass willkürlich fixirten Zeitraum der Schmerz eintrat. So ergab sich auf der Mitte des Oberarms als die höchste Temperatur, bei der noch nicht Schmerz gefühlt wird: + 53·3° C., als die niedrigste + 2·5° C., auf dem Rücken: + 58.6° C. und 3·9° C. Liess ich ferner

[1] Donath im *Arch. f. Psychiatrie.* XV, 695.

Digitized by Google

den Reiz beliebig lange wirken, so erhielt ich als obere Grenze: Oberarmmitte: + 48.7° C., Rückenmitte: + 56.2; als untere Grenze: + 2·9° C. bezw. + 4·1° C.

3. Ueber die Temperaturempfindungskreise[1] können wir uns hier sehr kurz fassen, da wir in dem Kapitel „Ortssinn" alles für die Lehre von den Kreisen und von dem Vorgange der Verschmelzung Wichtige erledigen werden und jetzt bloss das vorwegzunehmen brauchen, was für das Verständniss der Temperaturempfindungen selber von Bedeutung ist. Die Frage, in welchem Abstande zwei thermische Reize eben noch als doppelt empfunden werden, ist bisher noch nicht beantwortet worden und zwar deshalb nicht, weil alle Beobachter in den Temperaturreizen Hülfsmittel für die Erforschung des Raumsinnes oder der Punkte gesehen haben. Czermak und Klug merken an, dass, wenn zwei ungleich temperirte Taster in einen Empfindungskreis fallen, abwechselndes Wärme- und Kältegefühl entsteht oder nur der kältere percipirt wird; wenn sie weiter auseinander fallen, bemerke man rasche Ausbreitung der Wärmeempfindung, dagegen Localisirtbleiben der Kälteempfindung. Goldscheider hat das Problem dadurch verwirrt, dass er es lediglich auf die Blix'schen Punkte bezog; seine Ergebnisse sind, wie Wundt richtig hervorhebt, offenbar weniger für die räumliche Unterscheidung der Eindrücke als für die relative Menge der Temperaturpunkte maassgebend. So behauptet er u. A., dass man die Temperaturpunkte unter Umständen in erstaunlich geringen Abständen doppelt fühlen könne; jedoch beziehe sich diese Eigenschaft immer nur auf einzelne Punktpaare und zwar nur solche, welche mit hervorragender Empfindlichkeit ausgestattet sind. Entsprechend fand Goldscheider, dass manche Punkte auch bei ziemlich grossem Abstande nur eine einfache Empfindung geben, während andere sehr nahe an einander gelegene Punkte mit frappanter Deutlichkeit einen Doppeleindruck produciren. Von allen diesen Dingen habe ich nichts bemerkt. Ich benutzte bei meinen leider wenig zahlreichen und auf die eigene Person beschränkten Versuchen Kronecker's Thermaesthesiometer, dessen Perfusionsröhrchen von Wasser, einmal von + 5° C., dann von + 45° C. durchströmt wurden, und entnahm aus je fünf Versuchen den Minimalwerth. So erhielt ich eine, übrigens mit Goldscheider's Ergebnissen recht gut übereinstimmende Tabelle.

---

[1] Vgl. Manouvrier, Nouvel aesthésiomètre im *Arch. de physiol.* 1876. p. 757; Goldscheider in *Monatshefte f. prakt. Dermat.* III, 6; Ders. in *Diesem Arch.* 1885. Suppl. S. 70 ff.; Wundt in *Physiol. Psych.* II³, 7; Klug in *Arbeiten aus der physiol. Anst. zu Leipzig.* 1876. S. 168. Dort auch die ältere Litteratur von Weber, Fick, Czermak, Rauber.

Digitized by Google

	Kälte in Millimetern	Wärme in Millimetern
Oberfläche des Nagelgliedes des l. Index	1·2	1·9
Oberarm, Mitte der Streckseite	2·0	3·5
Rücken, etwa Mitte	4·7	6·0

Indessen bitte ich, diese wenigen Zahlen nur als vorläufige zu betrachten und der grossen Schwierigkeit eingedenk zu sein, welche in der Trennung der Berührungsdifferenzen von den Wärmeortsdifferenzen für die Selbstbeobachtung enthalten ist.

Dieselbe Schwierigkeit bleibt bei Verwendung eines Instrumentes, das ich in Anlehnung an K. Noiszewski[1] hergestellt habe und „Thermotopoaesthesiometer" nennen will. Es besteht in einem dünnen Elfenbeinplättchen, das mit zehn je 1 mm von einander entfernten sehr dünnen Platinstiftchen durchsetzt ist, die glatt abgeschliffen sind und über die Oberfläche des Plättchens nicht hervorragen. Die Verbindung zweier Stifte, die also 1 bis 10 mm auseinander liegend gewählt werden können, erfolgt mittels eines abgestumpften Zirkels, dessen Zinken mit ihren Endflächen genau auf die Stiftenden passen. Diese werden bis zu einer gewissen Temperatur erhitzt und geben dann einen Theil ihrer Wärme an die von ihnen berührten zwei Stifte ab. Wieviel Wärme sie abgeben, lässt sich am bequemsten auf einem Umwege ermitteln, der S. 321 genauer beschrieben werden wird. Genug, dass man mit einiger Sicherheit Temperaturen und Entfernungen durch das Thermotopoaesthesiometer fixiren kann. Die Ergebnisse waren bei mir annähernd die gleichen wie die vorher mitgetheilten, nämlich:

	Wärme + 45° C.
Oberfläche des Nagelgliedes des l. Index	2 mm
Oberarm, Mitte der Streckseite	4 mm
Rücken, etwa Mitte	6 mm

4. Es besteht nun noch ein anderer Zusammenhang zwischen dem Oertlichen und Qualitativen der Temperaturempfindungen, derart dass man von einem Einfluss der Grösse einer gereizten Fläche auf die Intensität der Empfindung sprechen kann. „Wenn man", sagt Weber (S. 553), „in dieselbe warme oder kalte Flüssigkeit den Zeigefinger der einen Hand und die ganze andere Hand gleichzeitig eintaucht, so ist die

[1] *Journal des dritten Congresses russischer Aerzte.* S. 253. 1889. Aeltere Instrumente zum gleichen Zwecke sind beschrieben von Liégeois in *Gazette hebdomadaire.* 1868. S. 172 u. Mollière im *Lyon méd.* 1869. S. 158.

Digitized by Google

Empfindung in beiden Gliedern nicht dieselbe, sondern in der ganzen Hand heftiger." Trifft also derselbe calorische Reiz eine grössere Zahl von Nervenendigungen, so nimmt die Empfindung weder eine andere Qualität noch einen ausgesprochen räumlichen Character an, sondern sie wächst in ihrer Stärke. „Es scheinen sich", so fährt Weber fort, „die durch viele empfindliche Punkte aufgenommenen Wärmeeindrücke im Gehirn, wohin sie mit fortgepflanzt werden, zu summiren und einen Gesammteindruck hervorzubringen." In diesen wenigen Worten liegt ein Grundproblem der Psychologie verborgen.[1] Denn ob eine solche Summation wirklich existirt, ob sie sich auf die physiologischen Erregungen, sei es die der Peripherie (wofür in der Muskellehre Anhalte), des Rückenmarkes, des Gehirnes oder auf die psychischen Elemente bezieht, das ist eine eine annoch unentschiedene Frage, die wir in dem Kapitel über Empfindung und Wahrnehmung eingehend discutirt haben.

Wie dem auch sein möge, jedenfalls bleibt das Verhältniss zwischen Ausdehnung und Intensität näher zu untersuchen. Ich habe mich zu diesem Zwecke wiederum des Kunstgriffes bedient, als Maass der Intensität nicht die praktisch unausführbare Vergleichung, sondern das Auftreten des Schmerzes zu verwerthen. Die Schnelligkeit, mit der bei Reizung grösserer und kleinerer Flächen der Wärme- oder Kälte-Schmerz eintritt, gewährt einen Anhalt für die Intensität der beide Male erzeugten Temperaturempfindungen. Ich liess demgemäss eine scharf begrenzte Körperregion in heisses Wasser tauchen und registrirte mittels Chronoskopes den Augenblick der Wärmeempfindung und den des Schmerzes. Die Zahlen der nachstehenden Tafel bezeichnen die so gefundene Differenz in tausendstel Secunden. Und zwar wurden in einer Reihe von Versuchen die letzten beiden Glieder des linken Zeigefingers, in einer anderen die letzten beiden Glieder der drei mittleren Finger eingetaucht, so dass, wenn man die Normalfläche, nämlich das eine letzte Glied des linken Zeigefingers, mit 1 bezeichnet, man ein Verhältniss von Flächengrössen hat, das annähernd der Zahlenproportion 1:2:6 entspricht. Der besseren Uebersicht halber habe ich, dem nächsten Abschnitt der Arbeit vorgreifend, die Werthe für die Normalfläche in der zweiten Spalte beigefügt und die Flächen selber, der Proportion gemäss, mit den Ziffern I, II, VI bezeichnet. Alle Zahlen stellen das arithmetische Mittel aus je 10 Versuchen dar.

---

[1] Ein weniger wichtiges Problem ist die Frage, ob die Empfindungsverstärkung durch räumliche Ausbreitung nicht bloss eine scheinbare, zum Theil durch die Erhöhung der Lust- oder Unlustgefühle bedingte ist. Ich glaube dies auf Grund genauer Selbstbeobachtung verneinen zu müssen.

Digitized by Google

Person	I (A. M.)	Datum	Temp.	II (A. M.)	M. V.	VI (A. M.)	M. V.
v. Bentivegni	1112	28./IV. 1891	60°	1003	173	828	65
„	843	15./V. „	65°	809	57	641	40
Wreschner	1673	19./III. „	60°	1187	167	740	85
„	1326	20./III. „	65°	807	72	490	140
„	983	20./III. „	70°	863	123	482	71
„	750	23./III. „	75°	676	88	326	62
M. D.	1313	20./III. „	60°	941	114	685	67
„	1081	23./III. „	65°	806	133	441	46
„	900	19./III. „	70°	438	41	351	60
„	779	23./III. „	75°	412	58	306	69

Man erkennt sofort, dass die Abnahme der Zeiten innerhalb der einzelnen Querreihen eine stetige ist und dass diese Abnahme nicht in einfach umgekehrtem Verhältniss zur Zunahme der Flächen steht, denn sonst müssten die Zahlen der ersten Reihe lauten: 1112, 370, 185. Auch lässt sich keine andere Art der Gesetzmässigkeit, etwa die der Maassformel ($E = C \log. nat. R$), in die Resultate hineininterpretiren. Wir müssen uns also schon mit der Festellung einer ganz allgemeinen Abhängigkeit begnügen.

Wie es sich mit den Kälteempfindungen gestaltet, habe ich in gleicher Weise bisher nicht untersucht. Hingegen führte mich eine gelegentliche Beobachtung auf ein anderes Verfahren. Legt man ein 4 cm langes, 1 cm breites, $^1/_2$ cm dickes Stückchen Eis mitten in die Handfläche, so dauert es etwa 10—12 Secunden, bis Schmerz eintritt; ist das Stück ungefähr doppelt so gross, so beansprucht seine Application nur etwa 8 Secunden bis zur Schmerzerregung. Ich stellte mir nun mehrere solcher Stücke her, deren Maasse sich annähernd wie 2 : 1 verhielten und deren objective Grösse als nebensächlich nicht notirt zu werden braucht, und ermittelte am Chronoskop folgende Zeiten für die Differenz zwischen Kälte und Schmerz.

Person	Datum	Gr. Stück	Kl. Stück	Verhältniss
Wreschner	9./III. 1891	6667	8123	1 : 1·22
„	„	5909	10057	1 : 1·7
M. D.	„	4715	12429	1 : 2·4
„	„	4528	11203	1 : 2·5

Hier entsprechen also die Empfindungsstärken in leidlich gerader Proportion den Reizgrössen. Dass die Aufeinanderfolge der Reize, d. h. ob erst das grosse und dann das kleine Stück aufgelegt wurde oder umge-

Digitized by Google

kehrt, dass diese Aufeinanderfolge, sage ich, keine Fehlerquelle bildete, dafür wurde durch lange Pausen gesorgt. Die weiteren Tafeln bedürfen nun keiner Erklärung.

Person	Datum	Gr. Stück	Kl. Stück	Reiz-verhältniss	Empfindungs-verhältniss
Wreschner	6./III. 1891	4015	18368	1 : 4	1 : 4·6
„	„	6503	13137	1 : 4	1 : 2
„	9./III. 1891	6828	11312	1 : 4	1 : 1·7
„	„	7047	19644	1 : 4	1 : 2·8
M. D.	6./III. 1891	7087	12081	1 : 4	1 : 1·7
„	„	6118	19670	1 : 4	1 : 3·2
„	„	7417	11369	1 : 4	1 : 1·5
„	9./III. 1891	6828	11312	1 : 4	1 : 1·7

Person	Datum	Ganz gr. Stücke	Gr. Stücke	Kl. Stücke	Reiz-verhältniss	Egsverh.
M. D.	7./IV. 1891	5719	6135	10698	4 : 2 : 1	1·9 : 1·7 : 1
„	„	6758	9004	13596	4 : 2 : 1	2·0 : 1·7 : 1
„	„	6340	13298	14807	4 : 2 : 1	2·3 : 1·1 : 1
Wreschner	„	6419	7971	8035	4 : 2 : 1	1·4 : 1·0 : 1
„	„	8009	8662	8987	4 : 2 : 1	1·1 : 1·0 : 1
„	„	9836	13270	17194	4 : 2 : 1	1·8 : 1·3 : 1

5. Wenn demnach diese Ergebnisse wiederum kein gesetzmässiges Verhältniss zwischen Reiz und Empfindung erkennen lassen, so fragt es sich endlich, wie es in dieser Beziehung mit der Abhängigkeit der Unterschiedsempfindlichkeit von der Reizgrösse steht. Fechner fand die feinste Unterschiedsempfindlichkeit bei Temperaturen zwischen 12—25° C., Alsberg bei Temperaturen zwischen 35—39° C. Demgegenüber ermittelten ziemlich übereinstimmend als Region der Maximalempfindlichkeit: Lindeman[1] 26—39°, Nothnagel 27—33°, Kesseler 27—33°. Den letztgenannten Autoren muss ich mich durchaus anschliessen. Nach meinen Erfahrungen lassen sich nach beiden Richtungen je drei Stufen unterscheiden: am gröbsten urtheilt man über Differenzen bei Temperaturen von — 3 bis + 14° C und + 37 bis + 48° C., genauer schon bei Reizen zwischen + 15 und + 26 einerseits, + 33 und + 36 anderseits, am feinsten zwischen + 27 und + 32° C. Es folgt hieraus aber nichts weiter, als dass die grösste Feinheit der Differenzenwahrnehmung in der Gegend

[1] Lindemann, De sensu caloris. *Diss. Halis* 1857.

Digitized by Google

des physiologischen Nullpunktes liegt und die Unterschiedsempfindlichkeit mit der Entfernung vom Nullpunkte geringer wird. Eine genauere Beziehung, insbesondere zum Weber'schen Gesetz,[1] lässt sich nicht feststellen. Alle Versuche hierzu scheitern an der Veränderlichkeit des physiologischen Nullpunktes, welche theils durch den Wechsel der Eigenwärme, theils durch Anpassung an die Reize zu Stande kommt.

6. Eine gleichfalls bei Experimenten leicht störende Erscheinung ist die der Nachempfindungen. Sie ist aber an sich lehrreich genug, um besonders besprochen zu werden.

a) Das Nachbild eines Kälte- oder Wärme-Reizes wird durch die entgegengesetzte Erregung aufgehoben, durch eine neue gleichartige Erregung verstärkt. — Hält man einen Finger in kaltem Quecksilber, so bleibt auch nach dem Herausziehen die Empfindung des Kühlen längere Zeit bestehen. Taucht man ihn aber sofort in warmes Quecksilber, so verschwindet augenblicklich das Gefühl der Kälte: der Finger enthält jetzt weder die Empfindung kalt, noch die Empfindung warm, obwohl er für die betastende andere Hand sich als noch kalt erweist. Und wenn man ihn nun schnell wieder herauszieht, tritt von Neuem die gleichsam bloss unterbrochene Kälteempfindung ein. Preyer[2] vergleicht dieses Phaenomen mit einem aus der Optik bekannten: die eine complementäre Farbe erscheint sofort wieder an Stelle des farblosen Lichtes, sobald die andere beseitigt wird, welche mit ihr zusammen Weiss gab. Umgekehrt lässt sich die Fortdauer des Erregungszustandes verlängern. Ein starker Wärmereiz wird mehrmals applicirt und die Dauer seines Nachbildes chronoskopisch gemessen. Sie möge sich, wie im Durchschnitt meiner bezüglichen Versuche, als 534 σ betragend herausstellen. Alsdann wird in einer zweiten Reihe gegen Schluss dieser Nachempfindungszeit ein zweiter dicht über dem Schwellenwerth liegender Wärmereiz auf kürzeste Zeit applicirt. Jetzt ergiebt sich ein Mittel von 662 σ. Dass diese Verlängerung nicht auf eine vom zweiten Reize selbständig erzeugte neue Nachempfindung zu beziehen ist, folgt daraus, dass Wärmeerregungen dicht über der Schwelle überhaupt kein Nachbild hinterlassen.

b) Die intermittirende Nachempfindung. — Urbantschitsch hat acustische Nachbilder beobachtet, bei denen sich eine Pause einschiebt zwischen das Ende des objectiven und den Beginn des subjectiven Tones.

---

[1] Das Theoretische, ausser bei Lotze (*Metaphysik.* S. 258 und *Grundzüge der Psychologie.* § 7), Weber, Fechner, Wundt, s. bei Grotenfelt, *Das Weber'sche Gesetz.* S. 44. 1888. Ueber das Verschmelzen schnell aufeinander folgender Reizempfindungen als Maass der Nachbilddauer, s. Mach, *Bewegungsempfindungen.* Seite 58.

[2] A. a. O. S. 84.

Digitized by Google

Lustig berichtet Aehnliches von der Wahrnehmung eines überspringenden elektrischen Funkens: nachdem der Lichteindruck abgeblasst ist, entwickelt sich nach einem von Empfindung leeren Intervall ein deutliches positives Nachbild. Goldscheider erwähnt folgende Thatsache: „Uebt man mit einer Nadelspitze einen leichten Eindruck auf die Hand aus, so hat man ausser der ersten sofort eintretenden stechenden Empfindung nach einem empfindungslosen Intervall eine zweite gleichfalls stechende Empfindung, welche sich in ihrem Charakter dadurch von der ersten unterscheidet, dass ihr nichts von Tastempfindung beigemischt ist, sie vielmehr gleichsam wie von innen zu kommen scheint." Diese intermittirende Nachempfindung darf nicht ohne Weiteres mit den vorher erwähnten optischen und acustischen identificirt werden, denn von jenen wissen wir nicht, was von dieser feststeht, dass sie vornehmlich nach einer Reihe von Reizen auftritt. Eine Abhängigkeit von einer Reizreihe habe ich nun auch für die intermittirende Temperaturnachempfindung beobachtet. Sie entsteht am sichersten, wenn man im Zeitraum einer halben Secunde vier ganz leichte Reize auf dieselbe Stelle wirken lässt. Alsdann unterscheidet man deutlich: die primäre Empfindung, die Empfindungspause im Betrage einer Secunde, die secundäre Empfindung.

c) Die continuirliche Nachempfindung. Bei der Application stärkerer Reize fällt die unter b geschilderte Erscheinung fort und an ihre Stelle tritt ein sofort an die Reizempfindung anschliessendes, stetiges Nachbild. Um seine Dauer zu fixiren, bediente ich mich des später zu beschreibenden Sensibilometers. Eine Metallkugel von 1 cm Durchmesser wird 15 Secunden lang in Quecksilber von + 50 oder 55° C. getaucht und dann aufgesetzt.[1] Bei der Empfindung der Wärme schliesst die Versuchsperson den durch das Chronoskop laufenden Strom und der Beobachter nimmt sogleich, nachdem er das Geräusch gehört hat, die Kugel ab. Am Schlusse der nun bestehenden Nachempfindung öffnet die Versuchsperson den Strom. Von der so gefundenen Gesammtzeit muss offenbar die Zeit, welche zwischen dem ersten Signal und dem Abnehmen der Kugel verläuft, abgezogen werden: denn während dieses Momentes haben wir es noch mit einer Reizempfindung, nicht mit einer Nachempfindung zu thun. Nun entspricht das Intervall genau dem einer Gehörsreaction; auf ein Geräusch hin wird eine gleichmässige und einfache Bewegung ausgeführt. Wenn wir daher die von Jastrow[2] auf 138 σ berechnete Durchschnittszeit einer Gehörsreaction subtrahiren, so erhalten wir die Zahlen für die continuirliche

[1] Die Berechnung der Temperatur, welche der Haut wirklich mitgetheilt wird, s. S. 297. Sie ist immer in der dritten Spalte mitgetheilt.

[2] Jastrow, *The time relations of mental phenomena.* p. 12. 1890.

Digitized by Google

Wärmenachempfindung. — Ich habe solcher Art an drei Stellen experimentirt. Die erste befindet sich auf dem linken Handrücken, dicht vor dem Trapezbeine, zwischen den Metacarpalknochen des Daumens und des ersten Fingers; die zweite ist die Stelle der Pulsation der linken Radialarterie, die dritte die ihr gegenüberliegende Stelle der Ulnarseite.

Person	Datum	°C	Ort	A. M.	M. V.
v. Bentivegni	20./V. 1891	$48{\cdot}5_8°$	L. Hdrücken	(853) 715	46
„	„	$48{\cdot}5_2°$	L. Radial Art.	(945) 807	80
„	„	$48{\cdot}5_8°$	L. Ulnar Stelle	(635) 497	61
„	21./V. 1891	$52{\cdot}5_8°$	L. Hdrücken	(745) 607	76
„	„	$52{\cdot}5_2°$	L. Radial Art.	(863) 725	70
„	„	$52{\cdot}5_8°$	L. Radial Art.	(851) 713	68
„	„	$52{\cdot}5_8°$	L. Ulnar Stelle	(454) 316	44

Nimmt man höhere Temperaturgrade, so tritt Schmerz ein, dessen Nachbild weit länger, von 1513 σ bis 1889 σ, dauert. Im Allgemeinen war die Empfindung für Hrn. von Bentivegni die eines stetigen Abklingens, nur gelegentlich trat bei 55° gegen Ende des Abklingens ein dem Schmerze sich näherndes kurzes „Prickeln" auf. Dass dies Prickeln zum Nachbilde des Temperaturreizes gehört, ergiebt sich aus seinem Fehlen bei den Nachempfindungen des Druckes und des Schmerzes; da es jedoch in 40 Versuchen bloss 5 Mal beobachtet worden ist, verdient es vielleicht keine Beachtung.

Unsere Zahlen haben nicht nur die Bedeutung, dass sie die Dauer der Wärmenachwirkung angeben, sondern auch die, dass sie einen Beitrag zur Lehre von der Verschmelzung liefern. Es liegt auf der Hand, dass, sobald ein zweiter Reiz zu wirken beginnt, bevor noch die Nachwirkung des ersten verschwunden ist, er mit jenem in der Empfindung zusammenfliessen wird. Wenn man also, unseren obigen Erfahrungen zuwider, mehr als höchstens zwei Reize[1] in der Secunde applicirt, so werden sie nicht mehr gesondert aufgefasst; wie es übrigens bei den Versuchen zu b sich thatsächlich gezeigt hat. Nennen wir das kleinste Zeitintervall, bei dem gerade noch zwei Wärmereize als zwei percipirt werden können, die „Zeitschwelle" und beziehen wir sie zum Zwecke ziffernmässigen Ausdrucks auf die Normal-Secunde, so dürfen wir sagen: die Zeitschwelle der Wärmeempfindung beträgt ein halb. Der hohe Werth wird allen denen auf-

[1] Das Mittel aus den Zahlen der Tabelle ist 626σ, d. h. mehr als eine halbe Secunde.

Digitized by Google

fallen, welche die üblichen Angaben der Zeitschwelle für Berührungseindrücke zur Vergleichung heranziehen. Nach v. Wittich und Grünhagen erkennt man Vibrationen von Saiten noch als solche bei 1506—1552 Schwingungen in einer Secunde. Als Valentin die Fingerspitze gegen ein mit stumpfen Zähnen besetztes Rad hielt, empfand er den Eindruck eines glatten Randes, wenn die Zähne in Pausen von $^1/_{500}$ Secunden die Haut streiften; bei langsamerer Drehung verursachte jeder Zahn eine Einzeldruckempfindung. Die Thatsachen sind richtig, ihre Deutung ist falsch. Wie wir in dem betreffenden Capitel sehen werden, resultirt aus einer schnellen Raddrehung anfangs das Gefühl des Rauhen, dann das des Glatten. Dieses Gefühl der Rauheit wird zwar durch intermittirende Reizung hervorgerufen, besteht aber keineswegs in der Empfindung der Intermittenz. Die Grenze liegt also bei Valentin u. A. viel zu hoch; in Wirklichkeit unterscheiden wir nur 20 bis 30 Berührungen in der Secunde, womit die von Haycraft (im *Brain* VIII, 190) für Gehör und Gesicht gefundenen Zahlen übereinstimmen. Bei stetiger Beschleunigung der Raddrehung durchläuft die Empfindung drei Stadien: Einzelberührung, Rauheit, Glätte. Hier liegt ein neuer Beweis für den öfters berührten Satz, dass Aenderungen in der Empfindungsqualität durch Aenderungen in der Häufigkeit der Reizung verursacht werden. Etwas Aehnliches giebt es für die keiner weiteren Qualitäten fähigen Empfindungen Warm und Kalt nicht. —

7. Zum Schlusse dieses Abschnittes sei des Contrastes gedacht. — Wenn wir früher erwähnten, dass lang andauernde Abkühlung wie Erwärmung einer Körperfläche die Reiz- und Unterschiedsempfindlichkeit herabsetzt, so können wir hinzufügen, dass eine kurze derartige Einwirkung die Empfindlichkeit für die andere Qualität verfeinert. Die gesunkene Eigenwärme der Haut wird zu einer inducirenden Temperatur gegenüber der inducirten Reizwärme, die erhöhte wird es gegenüber einer Kältereizung.[1] Die hergehörigen Versuche für den simultanen Contrast bedürfen keiner längeren Beschreibung. Bei starker Abkühlung einer Hautregion fühlen sich die angrenzenden Partien als warm und umgekehrt; ein neutral temperirter Gegenstand wird an einer beliebigen Hautstelle als warm (kalt) empfunden, wenn die Umgebung der Stelle abgekühlt (erwärmt) wird. Der successive Temperaturcontrast zeigt sich sehr schön in dem bekannten

---

[1] Wichtigste Litteratur über das Allgemeine: Stumpf, *Tonpsychol.* II, 398; Weber, a. a. O. S. 541; Fechner, *Elemente der Psych.*[1] I, 174; G. H. Schneider in *Vierteljahresschr. f. wissensch. Philos.* II, 411; Hoeffding, *Psychol.* S. 134. — Ueber besondere Punkte: Preyer, a. a. O. S. 79; Goldscheider im *Arch. für Psychiatrie.* 1887. S. 37; Kirschmann in *Phil. Stud.* VI, 491.

Digitized by Google

Experimente mit den Händen, die erst getrennt in warmes und in kaltes, dann zusammen in laues Wasser getaucht werden. Aus den Beobachtungen des Verfassers, die im Einzelnen aufzuführen keinen Werth hat, lassen sich drei Sätze über den Contrast bei Temperaturempfindungen ableiten: a) Der successive Gegensatz wirkt stärker als der gleichzeitig gegebene. b) Jeder Temperaturreiz wird dann am schärfsten aufgefasst, wenn er sowohl durch successiven wie durch simultanen Contrast gehoben ist. c) Man kann die inducirende Temperaturintensität unbeschadet der Stärke der Contrastwirkung durch eine geringere Intensität, aber etwa sechsfach grössere Ausdehnung des Reizobjectes ersetzen.

III. Verhältniss des Temperatursinnes zu den Berührungs- und Schmerzempfindungen.

A. Oertliches.

1. Unter den örtlichen Beziehungen zwischen den Empfindungen der Berührung und der Wärme nimmt die von Wunderli[1] vermeintlich entdeckte den ersten Platz ein. Sie soll darin bestehen, dass schwache Wärmereize an wenig empfindlichen Stellen mit schwachen Berührungsreizen verwechselt werden können. Wunderli's Verfahren ist in kurzen Worten folgendes. Ueber eine Stelle der Lendenwirbeldornen wird eine Pappscheibe mit einem etwa 4 mm. grossem Loch gehalten und durch diese Oeffnung die Haut entweder mittels eines Pinsels berührt oder mittels strahlender Wärme gereizt. Man soll nun bemerken, dass der Beobachtete auf die Frage, „welche Art von Reiz gewirkt habe", sehr häufig in dem Sinne eine falsche Antwort giebt, dass er behauptet, berührt worden zu sein, während in Wirklichkeit eine Wärmestrahlung seine Haut traf. Es springt sofort in die Augen, wie ungünstig die Stelle für eine wirkliche Entscheidung gewählt ist: denn wir empfinden auf dem Rücken wohl häufig Berührungen, aber selten Wärmereize. Ausserdem fällt es auf, dass die Verwechselung immer bloss nach der einen Richtung hin erfolgt. Im übrigen jedoch haben 200 Versuche des Verfassers an fünf Personen kein einziges Mal das gleiche Resultat ergeben. Was des Oefteren vorkam, war etwas ganz anderes: nämlich dass die Betreffenden nicht zu bestimmen

---

[1] Wunderli, *Experiment. Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes. Dissertation* Zürich 1859; Wunderli u. Fick in Moleschott's *Untersuchungen.* VII, 303, 1860; Fick, *Lehrbuch der Anatomie u. s. w.* S. 26; Blix in *Zeitschrift für Biologie.* XX, 145; Goldscheider, *Die Lehre von den spec. Energien.* S. 26; Derselbe im *Archiv für Psychiatrie.* 1887, S. 31; Wundt, *Physiol. Psychologie.* I³, 368; Ziehen, *Leitfaden.* S. 47; Nothnagel in *Deutsches Archiv für klinische Medicin.* II, 298.

Digitized by Google

vermochten, welcher Reiz gewirkt habe. Bei der geringen Intensität der Erregungen hat diese Unsicherheit gar nichts befremdendes; sie ist aber deshalb um so schärfer von dem sicheren Irrthum zu scheiden. Ich kann mir Wunderli's Ergebnisse nur so erklären: die Versuchspersonen empfanden mehrmals, dass irgend eine Reizung stattfand, ohne ihre Art zu unterscheiden. Da sie nun gewöhnt waren, an der betreffenden Stelle Druck wahrzunehmen und die unklare Empfindung auf das nämliche Sinnesorgan beziehen mussten, so gaben sie voreilig ihr Urtheil ab. Es verhält sich hier genau so, wie überhaupt an den unteren Grenzen von Reizstärken aller Art, z. B. bei einem leisen Dröhnen.

Noch weniger als die behauptete Thatsache ist Fick-Wunderli's Erklärung derselben stichhaltig. Auf Grund jener Erscheinung vermuthen sie, dass jede Druck- und Temperaturempfindung aus einer verschieden grossen Summe gleichartiger discreter Einzelempfindungen bestehe, deren Anordnung die Qualität der Gesammtempfindung bedinge. Je mehr man sich einer eigentlich elementaren Empfindung durch ein Nervenelement nähere, um so mehr verschwinde eben der Unterschied zwischen den beiden Klassen. Es folge hieraus, dass der gewöhnliche Wärmereiz immer Nervenelemente in anderer Anordnung trifft als ein Druckreiz. Und zwar soll ein Temperaturgefühl entstehen, wenn die Intensitäten der einzelnen Gefühlselemente sehr stetig abgestuft sind, so dass zwischen zwei Elementen *a* und *b* räumlich kein Element zu liegen kommt, dessen Intensität nicht auch zwischen den Intensitäten von *a* und *b* liegt; eine Berührungsempfindung soll zu Stande kommen, sobald diese Bedingung nicht erfüllt ist. — Zu solchen weitgehenden Hypothesen liegt meines Erachtens gar kein Grund vor. Die als richtig vorausgesetzte Thatsache berechtigt lediglich zu dem einfachen Schlusse, dass bei einer gewissen Minimalgrösse der Einwirkung auf den Hautsinn Urtheilstäuschungen vorkommen.

2. Wenn Berührungs- und Wärmereize nach einander wirken, verschwimmen sie manchmal in einander; wirken sie zusammen, so können sie sich gegenseitig unterstützen und zu einer von E. H. Weber entdeckten Interferenzerscheinung[1] Anlass geben. Weber hat beobachtet, dass kalte auf der Haut ruhende Körper uns schwerer, warme leichter als sie sollten erscheinen. Unbefangene Personen, denen man bei unterstütztem Kopf (zur Ausschliessung des Muskelsinnes) abwechselnd einen auf — 4° C. bis + 7° C. abgekühlten oder zwei aufeinander geschichtete auf + 37 bis 38° C. erwärmte Thaler auf die Stirnhaut legt, halten in der

[1] Weber, a. a. O. S. 558; Funke in Hermann's *Handbuch*. III, 2, S. 320; Szabadfoeldi in Moleschott's *Untersuchungen u. s. w.* IX, 631; Bernstein, *Die fünf Sinne.*[2] S. 45. Aehnliche Interferenzerscheinungen zwischen Geschmack und Geruch beobachten wir tagtäglich beim Essen.

Digitized by Google

Regel beide Gewichte für gleich schwer oder sogar den einen kalten Thaler für schwerer, als die zwei warmen. Im Gegensatz hierzu behauptet Szabadfoeldi, dass heisse Gegenstände für schwerer beurtheilt werden. Er operirte mit zwei aus Hartholz gefertigten, 2—5 mm. dicken Scheiben von verschiedenen Krümmungshalbmessern. Erwärmte er die kleine Scheibe auf + 50° C. und mehr, so erschien sie schwerer als die etwas grössere, aber nicht erhitzte. Ich persönlich habe über diese mir fragwürdige Beobachtung keine Erfahrungen; hingegen vermag ich Weber's Versuche vollauf zu bestätigen. Ein in der Winterluft abgekühltes Thalerstück ist für unser Urtheil schwerer als ein dem Portemonnaie entnommenes und beträchtlich schwerer als ein über der Spiritusflamme erwärmtes Stück, mag man nun die Thaler hintereinander auf derselben Fingerspitze wippen oder auf die Haut des unterstützten Kopfes legen oder sie gleichzeitig an den entsprechenden Stelle beider Hände wiegen. Genauere Maassbestimmungen lassen sich desshalb sehr schwer treffen, weil die Feststellung des Wärmegrades der Thaler erfolgen muss, bevor sie aufgesetzt werden, um einen Druck des Thermometers zu vermeiden. Unter zahlreichen Versuchen, die derart vor sich gingen, dass der Assistent die die Stirn belastenden erwärmten Thalerstücke so lange mit Gewichten beschwerte, bis sie gleichschwer mit dem normalen Thaler erschienen, sind mir nur die folgenden geglückt:

Person	Datum	Thaler-Temp.	Gew.	Person	Datum	Thaler-Temp.	Gew.
		+ °C.	gr			+ °C.	gr
M. D.	7. IV. 1891	40	1	M. D.	8. IV. 1891	45	2
„	„	41	1	„	„	46	1·5
„	„	42	1·5	„	„	47	2
„	„	43	1	„	„	48	3
„	„	44	1	„	„	50	2·5

Meine Gewichtszahlen bleiben also hinter den von Weber angegebenen bedeutend zurück. Auch habe ich gefunden, dass bei Temperaturen über + 50° C. und bei sehr kalten Stücken das Phaenomen verschwindet. Sehr merkwürdig ist ferner, dass bei mittleren Temperaturen, zu deren Apperception eine längere Zeit gebraucht wird, die Wahrnehmung der scheinbaren Gewichtsverminderung der Wahrnehmung der Wärme vorangeht; man gibt das Urtheil „Leichter" zeitlich vor dem Urtheil „Wärmer" ab.

Als ein Gegenstück zum Weber'schen Versuch hat Nothnagel[1] ein anderes Experiment mitgetheilt. Wenn man zwei runde Scheiben

[1] A. a. O. S. 299.

Digitized by Google

von gleichem Metall und gleichem Durchmesser, aber verschiedener Schwere, auf genau dieselbe hohe oder niedere Temperatur erwärmt oder erkältet, so erscheint die schwerere wärmer bezw. kälter als die andere. Ersichtlich handelt es sich hier nicht um ein echtes Gegenstück zum Weber'schen Versuch, sondern um ein Phaenomen der Leitung, die ja durch die vollständigere Berührung des schwereren Körpers begünstigt wird. Jener Grundversuch muss daher aus sich selbst erklärt werden. Dass es nicht, wie Fick und Funke wollen, mit einer Urtheilstäuschung gethan ist, mit „einer irrigen Taxirung der Empfindungsgrössen bei der Beschäftigung der Aufmerksamkeit durch zwei gleichzeitige Empfindungen", ergiebt sich aus unserer von zwölf Personen bestätigten Beobachtung, wonach das Urtheil über das Gewicht früher sich einstellt als dasjenige über die Temperatur. Des Räthsels Lösung ist vielmehr in der früher von uns ausführlich besprochenen Thatsache zu suchen, dass Abkühlung einer Hautstelle ihre absolute und relative Empfindlichkeit für Druckreize erhöht. Jede Abkühlung zieht die Haut etwas zusammen, bringt mehr Nervenendapparate unter die lastende Fläche und somit auch zur Erregung.

B. Zeitliches.

Die zeitlichen Beziehungen, die zwischen den Empfindungen der Berührung und der Temperatur einerseits, zwischen Temperatur und Schmerz andererseits bestehen, erfordern zu ihrer Feststellung einen etwas umfangreichen Apparat. Ich beschreibe im Folgenden die von mir verwendete Versuchstechnik nur insoweit sie neu oder auch für andere Zwecke lehrreich ist.

1. Als Zeitapparat diente das Hipp'sche Chronoskop mit doppeltem Elektromagnete. Von den vier Möglichkeiten seiner Benutzung habe ich meistens die gewählt, durch welche ein Stromkreis im Anfang geschlossen und am Ende geöffnet wird; in diesem Falle ist bloss der untere Elektromagnet eingeschaltet, die obere Feder gespannt, die untere entspannt. Hierbei sind nun drei Fehlerquellen zu vermeiden. Die erste fliesst aus dem Zeitunterschiede, der aus der Anordnung der Stromschliessung oder der Stromöffnung entstehen kann; sie ist von uns, wie man sehen wird, dadurch ausgeschlossen worden, dass der an sich schon unbedeutende Fehler jedenfalls zu Anfang und zu Ende gleich war. Zweitens kann ein (constanter und leicht festzustellender) Fehler in dem Échappement des Uhrwerkes vorkommen. Die transversalen Schwingungen der Regulatorfeder mögen sich z. B. nicht tausend Mal, sondern bloss neunhundert Mal in der Secunde vollziehen. Gröbere Unregelmässigkeiten würden am Ton der Feder, feinere Unregelmässigkeiten durch ein Controlinstrument zu entdecken sein; aber dafür, dass das von der Fabrik neu

Digitized by Google

hergestellte und dem Berliner Institut übersendete Chronoskop von vornherein keinen derartigen Fehler, sondern eine wirkliche Tausendstelfeder enthält, dafür habe ich mich auf die sorgfältige Herstellung in der Fabrik verlassen. Endlich kann und wird eine Schwankung resultiren aus dem Unterschiede zwischen der wechselnden Anziehungszeit des Ankers durch den Elektromagnet und der Abreissungszeit durch die Hebelfeder. Insbesondere da die Stromstärke nie auf gleicher Höhe bleibt, werden Veränderungen unterlaufen müssen; sie werden sich aber durch geeignete Abstufung der Stromstärke und häufigen Wechsel der Stromrichtung vermeiden lassen, sobald man nur durch irgend ein Mittel die erwähnten Schwankungen entdecken kann.

Zu diesem Zwecke bedient man sich häufig des Hipp'schen Fallapparates. Bekanntlich leidet er jedoch an so empfindlichen Mängeln, dass man ihn zur Noth nur benutzen kann, indem man jedes Mal drei Versuche mit ihm vornimmt: nämlich zwei Höhenbestimmungen und eine Differenzbestimmung. Mit dem Lange'schen Controlhammer[1] steht es auch nicht viel besser. Unter solchen Umständen zog ich es vor, mir ein eigenes Instrument herzustellen, indem ich auf Anregung des Hrn. Prof. Munk und mit Hülfe des ausgezeichneten Berliner Mechanikers Hrn. J. Pfeil den Siemens-Pflüger'schen Fallhammer umgestaltete. Die bei ihm angebrachte elektromagnetische Auslösung und der Quecksilbercontact sind freilich nicht zu gebrauchen: der Elektromagnet setzt dieselben Fehler, die wir vermeiden wollen, und der Quecksilbercontact ist wegen der schwankenden Höhe der Oberfläche u. dgl. m. zu ungenau. Da der Hammer nicht, wie sonst, dazu zu dienen hatte, gleichmässige Schliessungen und Oeffnungen herzustellen, sondern seine stets sich gleichbleibende Fallzeit ein Controlmaass abgeben sollte, so war es nöthig, erstens unten einen sicheren Hebelschluss und zweitens oben einen Contact anzubringen, welchen der Hammerknopf in gehobener Stellung bildete und der mit Beginn des Falles gelöst wurde. Das Letztere ist in ziemlich umständlicher Weise ausgeführt worden, um dem Hammer seine sonstige Verwendbarkeit zu belassen. Der Hammer wird durch einen isolirten Abzug gehalten und steht durch ein Platinblech am Kopfe mit einer Schraube in Contact; wird der der Kopfunterseite genau angepasste Abzug zurückgezogen, so fällt der Hammer und öffnet beim Aufschlagen den Hebelcontact. Mittels Nebenschlusses wurde es erreicht, dass der unten ruhende Hammer die Versuche in keiner Weise störte, je-

[1] Berger in *Philos. Studien.* II, 45 u. 93; Lange, *Ebenda.* IV, 482 ff.; Wundt, *Ph. Ps.*[3] II, 276. Cattell's Fallchronometer (*Phil. Studien*, III, 97 ff. u. 307 ff., wo jedoch die neue Einrichtung zur Aequilibrirung des Fallschirms durch ein Gegengewicht nicht erwähnt wird) erscheint mir als wenig nützlich.

Digitized by Google

doch jeden Augenblick in Thätigkeit gesetzt werden konnte. Die Verbindung mit Element und Chronoskop wird, denke ich, aus Fig. 3 hinreichend klar werden, weil alle Nebensächlichkeiten, wie Stromwender u. dgl., fortgelassen sind; zur grösseren Deutlichkeit ist in einer Nebenzeichnung die Ruhelage des Hammers angedeutet. Diese Einrichtung hat sich in jeder Beziehung vortrefflich bewährt. Die Normalzeit des Falles betrug $80\,\sigma$,[1] die mittlere Variation in zehn Hammerversuchen meist $1\,\sigma$, die grösste beobachtete Abweichung $3\,\sigma$, die leicht durch Verschiebung am Rheochord ausgeglichen wurde. Nach je zehn Experimenten machte ich den Controlversuch am Hammer. Ausser seiner Handlichkeit und Zuverlässigkeit — beide werden durch isolirte Stellung und Filzunterlage erhöht — besitzt unser Apparat den Vortheil, dass er unschwer aus dem in wohl allen physiologischen Instituten vorhandenen Pflüger'schen Hammer hergerichtet werden kann. Wollte man nach dem gleichen Principe ein neues Instrument bauen, so würde es noch weit einfacher aussehen können. Ich verweise jedoch zunächst auf den neuen im Wundt'schen Institut eingeführten Hammer, dessen Prüfung bei einer mittleren Fallzeit von $630\,\sigma$ die kleine mittlere Variation $1{\cdot}9\,\sigma$ ergeben hat.

Die zweite technische Aufgabe, die sich mir darbot, war die, einen Reizapparat herzustellen, mit dem bequem an allen Körperstellen, in wechselnder Ausdehnung und Stärke Berührungs-, Kälte-, Wärme-, Schmerz-Reize applicirt werden können. Die von v. Vintschgau[2] und Goldscheider[3] construirten und nur theilweise brauchbaren Apparate schienen mir eine Combination zu erlauben, aus der das in Fig. 2 abgebildete Instrument hervorgegangen ist. Ich nenne es „Sensibilometer". Zwei Messingschienen durchsetzen den isolirenden Holzgriff *g* und treten an dem einen Ende mit den Verbindungsklemmen *k k* aus dem Heft heraus. Auf der anderen vorderen Seite ragt die obere Schiene *a* um die ungefähre Länge des Griffes aus diesem hervor und mündet vorn in ein Gabelscharnier, in dem drehbar der Elfenbeinsperrhaken *h* sich bewegt. Die untere Schiene dagegen endet unmittelbar am Heft mit der flachen, viereckigen Hülse *b*, in die, mit einem entsprechenden Zapfen versehen, die flache dünne Stahl-

[1] Das Bedenken, dass eine Stromstärke, die für $80\,\sigma$ richtige Zeitwerthe liefert, zu hohe Werthe giebt, wenn die zu messenden Zeiten beträchtlich länger sind, trifft doch bloss bei einer Versuchsanordnung zu, wo während des Hammerfalles der Strom in den Elektromagneten geschlossen ist.

[2] v. Vintschgau in Pflüger's *Archiv.* X, 4 u. XVI, 318.

[3] Goldscheider in *Diesem Archiv.* 1887. S. 428. — Die Hülfsmittel der später zu nennenden übrigen Forscher sind gänzlich unzureichend. Hr. Prof. Münsterberg macht mich darauf aufmerksam, dass in A. Rémond's *Recherches exp. sur la durée des actes psychiques les plus simples*, Paris 1888 auf der Tafel nach S. 12 ein ähnliches Instrument abgebildet ist.

Digitized by Google

feder c eingeschoben und durch einen Bajonettverschluss festgehalten ist. An ihrem freien Ende legt sich die Stahlfeder mit leichtem Druck gegen den Sperrhaken, während sie in geringer Entfernung davon nach unten den halbrunden Metallkopf d, nach oben einen Platinstift trägt. Zwischen Kopf und Feder ist eine Asbestscheibe eingelegt. Dem Platinstift gegenüber ist in einer Entfernung von $0{\cdot}5^{mm}$ die obere Schiene an ihrer unteren Kante mit einem Platinplättchen versehen, so dass bei einem Druck auf die Halbkugel d Stift und Plättchen sofort Contact bilden. — Dieser Apparat bietet u. A. die Vortheile, dass die Feder — auch durch einen steifen Arm mit Federanschlag ersetzbar — schnell herausgenommen und wieder eingefügt werden kann, dass Kugeln verschiedener Grösse, wenn sie nur gleiches Schraubengewinde haben, zu verwenden sind und dass voreilige Stromschlüsse durch das nach unten ziehende Gewicht der Kugel verhindert werden. Von dem constanten Fehler des Sensibilometers und seiner Einfügung in den Stromkreis wird später die Rede sein.

Neben dem Registrir- und dem Reizungsapparat kommt drittens noch der Reactionsapparat in Frage. Den von mir construirten nenne ich „Fingercontact"; er ist in Fig. 1 skizzirt. Zwei dem vorderen Ende des rechten Daumens und Zeigefingers angepasste und daraufgeschobene Hartgummihülsen $a\ a_1$ werden je von einem etwas schmaleren Messingreifen $b\ b_1$ umspannt, welcher unverschiebbar festsitzt. An beiden Reifen treten, einander zugekehrt, die Warzen $c\ c_1$ hervor, von denen die eine (c) in eine mit Platin belöthete ebene Fläche, die andere (c_1) in einen Platinstift ausläuft. Fläche und Stift haben eine solche Stellung zu einander, dass der Contact senkrecht erfolgt. Zwei baumwollene, nicht dehnbare Bänder, von denen in der Figur nur das obere, d, sichtbar ist, verbinden, parallellaufend, oben und unten beide Reifen, an denen sie durch Schräubchen befestigt sind. Sie dienen dazu, Contactstift und -fläche bei geöffneter Stellung in einer bestimmten Entfernung von einander zu halten und der Oeffnungsbewegung einen festen Rückanschlag zu geben. Auf einer äusseren, dem Contact abgekehrten Seite tragen schliesslich beide Reifen je eine Verbindungsklemme $k\ k_1$.

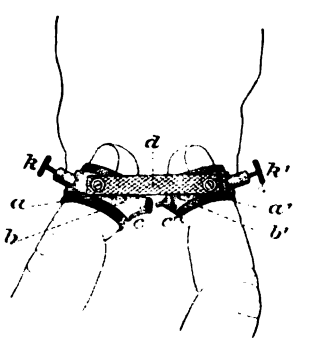


Fig. 1.

Die Herstellung dieses neuen Reactionsmittels ist aus mehreren Gründen erfolgt. Die gebräuchlichen Taster[1] scheinen mir den Fehler einzu-

[1] Auch der Ewald'sche. Vgl. Dumreicher, *Zur Messung der Reactionszeit. Dissertation.* Strassburg 1889. S. 32.

Digitized by Google

schliessen, dass ihre Benutzung eine sehr ausgedehnte und zusammengesetzte Muskelarbeit nöthig macht, die gar nicht gemessen werden soll

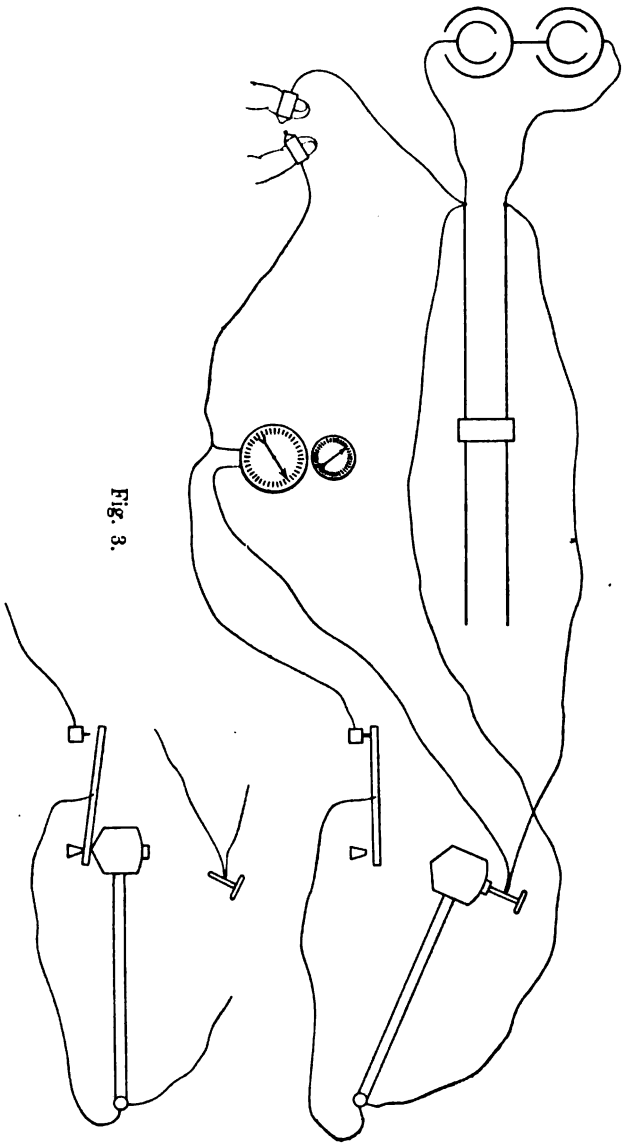


Fig. 3.

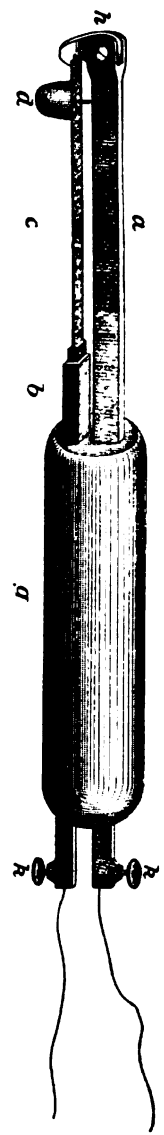


Fig. 2.

und die in ihren Einzelgliedern recht variabel ist. Macht man hingegen die Federn des Tasters sehr leicht, so setzt man sich der Gefahr unbeab-

Digitized by Google

sichtigter und voreiliger Reactionen aus; will man gar die oft ausschliesslich angebrachte Bewegung des Fortziehens anwenden, so bedient man sich eines in Art und Grösse gänzlich verschiedenen Muskelvorganges. Bei unserem Fingercontact handelt es sich um die aus dem gewöhnlichen Leben her eingeübte einfache Adduction und Abduction des rechten Zeigefingers, um eine kleine, innerhalb einer bestimmten Spielweite erfolgende, sehr gleichmässige Bewegung eines einzigen und zwar des geübtesten Fingers. Dazu kommt, dass der Fingercontact in jeder Beziehung sehr bequem ist, schnell und billig hergestellt werden kann. — Im Anschlusse hieran müsste ich nun eigentlich mittheilen, ob von mir und meinen Versuchspersonen sensoriell oder musculär reagirt worden ist. Ich kann das leider nicht, weil keiner der Herren bei Benutzung des Fingercontactes den Unterschied zu Stande brachte. Diese Thatsache, die mich zuerst auf's Aeusserste frappirte, enthält vielleicht die experimentelle Bestätigung der früher von mir[1] geltend gemachten Einwände gegen die Lange'sche Unterscheidung. Muss es schon in Erstaunen setzen, dass Münsterberg die verwickeltsten Reactionen als Reflex deutet, dass Martius[2] zu den beiden Formen als dritte eine „centrale" Reaction hinzufügt und eingesteht, die musculäre könne manchmal zu höheren Beträgen führen als die sensorielle, so muss es noch mehr auffallen, dass acht gute Beobachter, von denen zwei (Wreschner und der Verf.) grössere Uebung in experimentell-psychologischen Untersuchungen besitzen, die Verschiedenheit der Reactionsformen nur an dem gewöhnlichen Tastapparat, nicht mit dem Fingercontact zu constatiren vermögen. Wie mir scheint, hat unsere Art zu reagiren jedenfalls mehr Aehnlichkeit mit der sogen. sensoriellen als mit der musculären Form, denn es ist gelegentlich vorgekommen, dass die Bewegung ausblieb, „vergessen" war, während wir vorzeitige und Fehlreactionen nicht zu verzeichnen hatten. Niemals empfanden wir einen Gegensatz zwischen einer auf die Vollziehung der Reaction hindrängenden Erwartung und der Ruhelage des rechten Zeigefingers, niemals das, was Külpe[3] beschreibt: „Die Hemmung der lebhaft vorgestellten Bewegung fällt schwer, es treten Ermüdungsempfindungen durch die starke Anspannung der Antagonisten auf, die Bewegung erscheint wie eine Befreiung." Das Alles ist eben auf die gewöhnliche Art und Weise der Reaction zugeschnitten, trifft aber weder für den Beisscontact noch für den Fingercontact zu.

Mit dem eben Ausgeführten ist natürlich nicht gemeint: es sei uns schlechthin unmöglich gewesen, einseitig die Aufmerksamkeit entweder auf

---

[1] Dessoir in *Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie.* XV. 95.
[2] Martius in *Philos. Studien.* VI, 212 u. VI, 409. — Lange, *Ebenda.* IV. 479.
[3] Külpe in *Philos. Studien.* VI. 330; vgl. VII. 167.

Digitized by Google

den Reiz oder auf die Bewegung zu richten. Das vermag man selbstredend bei jeder Aufgabe und mit jedem Apparat. Wäre dies etwa der Sinn der Lange'schen Unterscheidung, dann würde die Behauptung gerechtfertigt sein: wer schlechthin sensoriell oder musculär reagirt, der reagirt falsch Von einer Reaction verlange ich, dass sie sicher und schnell geschehe und bei jeder Form des Hülfsmittels verwendbar sei; ich darf dann aber nicht der Versuchsperson die verkehrte Zumuthung stellen, sie solle den einen oder den anderen Theil des Gesammtvorganges willkürlich bevorzugen, andererseits darf ich mich nicht auf ein einziges und noch dazu nicht fehlerfreies Instrument beschränken. Die wahre Reaction steht in der Mitte zwischen den künstlich erzeugten Extremen. — Ueber die Berechnung der Versuchsergebnisse bedarf es bloss weniger Worte. Die erste Reaction jeder Reihe ist gestrichen worden, weil nach längerer Ruhezeit die Reize etwas Ungewöhnliches, Erschreckendes haben, was das erste Resultat zu beeinträchtigen im Stande ist. Um Ermüdung zu verhüten, wurden nicht mehr als zehn Versuche hintereinander ausgeführt, von diesen aber nur diejenigen ausgelassen und durch neue ersetzt, die der Beobachtete von selbst als fehlerhaft bezeichnete. Da also willkürlich nichts gestrichen worden ist, so beziffert sich die mittlere Variation manchmal etwas hoch. Diese Thatsache scheint mir indessen nicht bedenklich zu sein. Das Vertrauen zur Gesetzmässigkeit des Vorganges, den das arithmetische Mittel misst, wird unter genau gleichbleibenden Nebenumständen der Grösse der m. V. umgekehrt proportional sein; wo aber diese Gesetzmässigkeit feststeht, da wird die m. V. zum Maass der einwirkenden und in ihrer Wirkung sich aufhebenden Nebenumstände, durch deren Einfluss die Bedeutsamkeit des a. M. besonders dann nicht aufgehoben werden kann, wenn, wie hier, nicht die absoluten, sondern die relativen Werthe, die Veränderungen des a. M., in Frage kommen.

2. Die Ergebnisse der von mir im Winterhalbjahr 1890/91 vorgenommenen Reactionsversuche beleuchten die zeitlichen Beziehungen zwischen den Empfindungen von Berührung, Kälte, Wärme, Schmerz. An den Anfang stellen wir die einfache Druckreaction, theils weil wir die Werthe für sie zur Vergleichung brauchen, theils weil wir sie später geradezu in Rechnung werden setzen müssen.

Die meisten Untersucher der Druckreaction haben Inductionsschläge als Reize benutzt. So als Erster Hirsch mit dem Durchschnittsresultate von 182 σ, dann Orchansky mit 155 σ, Exner mit 139—175 σ, Berger mit 188—212 σ, Hall und v. Kries mit 126—163 σ.[1] Eigentlich aber

[1] Die Litteraturnachweise dürfen wohl fortgelassen werden; die Zahlen sind das von mir berechnete arithmetische Mittel.

Digitized by Google

darf man hier nicht von Berührungsreactionen sprechen. Inductionsschläge setzen weder die Empfindung des Berührtwerdens noch die des Druckes, sondern eine von dem adaequaten Sinnesreiz gänzlich verschiedene Empfindung. Eine wirkliche mechanische Reizung muss erfolgen, wenn wir eine der optischen, akustischen u. s. w. entsprechende haptische Reaction erzielen wollen. Solche Untersuchungen hat meines Wissens bisher bloss Vintschgau mit seinem, zu diesem Zwecke etwas vereinfachten Thermophor angestellt; das Mittel aller bei ihm und seinen Mitarbeitern gefundenen Zahlen beträgt 122 σ. Vintschgau weist ganz richtig darauf hin, dass man bei einiger Uebung die Berührungsstärke recht gleichmässig gestalten lernt und zweifellos sicherer beherrscht als die Stärke von Inductionsschlägen. Ausserdem werden die Beobachteten ersucht, jedes Mal, so oft ihnen die Berührung als besonders stark bezw. schwach erscheint, Einspruch zu erheben; es hat sich jedoch stets gezeigt, dass die Verkürzung bezw. Verlängerung der Reactionszeit kaum merklich war. Deshalb kann auch der Fehler, der durch die bei der Anwendung unseres Sensibilometers verstreichende Zeit zwischen der Berührung der Kugel mit der Haut und der Berührung von Stift und Plättchen entsteht, als ein constanter betrachtet und vernachlässigt werden. Er dürfte übrigens nach meiner Berechnung den Werth von 3 σ nicht übersteigen.

Das Sensibilometer wurde in den auf Fig. 3 sichtbaren Stromkreis des Fingercontactes eingeschaltet und die Versuchsperson angewiesen, den Fingercontact geschlossen zu halten. Der Strom war demnach jetzt bloss am Contact des Sensibilometers unterbrochen; wurde letzteres aufgesetzt, so begann der Strom zu kreisen und die Zeiger des Chronoskopes in Bewegung zu setzen. Die Reaction erfolgte durch Oeffnen des Fingercontactes. Gereizt wurden in einer ersten Reihe von Versuchen bloss zwei Stellen, nämlich die fleischige in der Mitte des Daumenballens und das Metacarpophalangealgelenk des linken Zeigefingers. Dagegen wechselte ich mit den Kugeln. Kugel I hat den Durchmesser eines halben Centimeters, Kugel II den von 1 ^{cm}, Kugel III einen solchen von 1·5 ^{cm}; die Berührungsflächen verhalten sich demnach wie $^1/_2 : 1 : 1^1/_2$.

Person	Datum	Ort	A. M.	M. V.	Mittel aus A. M.	Kugel
v. Bentivegni	20. IV. 1891	Daumen	124	18	133 σ	I
		Knöchel	132	14		
			115	10		
			162	19		

Digitized by Google

Fortsetzung.

Person	Datum	Ort	A. M.	M. V.	Mittel aus A. M.	Kugel
v. Bentivegni	21. IV. 1891	Daumen	148	13		
			144	11		
			138	15	126σ	II
		Knöchel	111	7		
			104	13		
			114	13		
	1. V. 1891	Daumen	107	6		
			97	13	98σ	III
		Knöchel	93	9		
			95	9		
M. D.	15. IV. 1891	Daumen	156	13		
			135	20	149σ	I
			155	15		
	16. IV. 1891	Knöchel	162	11		
			145	12	146σ	II
			130	18		
	11. IV. 1891	Daumen	129	16		
			126	19	124σ	III
			118	8		

Aus dieser Tafel erhellt, dass Vergrösserung der Reizfläche Verkürzung der Druckreaction zur Folge hat. — In einer zweiten Versuchsreihe galt es, mittels des Kunstgriffes der einfachen Reaction die verschiedene Empfindlichkeit verschiedener Körperstellen zu prüfen. Es kam mir in erster Linie darauf an, den durch beinahe die ganze Litteratur sich fortschleppenden Irrthum zu zerstören, als sei die Fingerspitze der am feinsten fühlende Punkt der Körperfläche. Die letzte Spalte der folgenden Tafel enthält die Differenzen zwischen der Reactionszeit an der Spitze des linken Zeigefingers und derjenigen an der betreffenden Vergleichsstelle; wie man sieht, sind die Reactionszeiten der anderen Stellen ausnahmslos kleiner. Am Nacken wurde der Dornfortsatz des siebenten Halswirbels geprüft; am Oberarm der Punkt, der etwa der Insertion des M. deltoideus entspricht; an der Zunge der Mittelpunkt der Horizontallinie, die von der Spitze etwa 1 cm. entfernt ist; von Stirn, Schläfen, Wangen die Mitten, ebenso vom inneren und äusseren Rande des Daumens.[1]

[1] Die ersten drei Stellen sind bereits von Hall und v. Kries, die übrigen von v. Vintschgau benutzt worden. Vgl. Hall u. v. Kries in *Diesem Archiv.* 1879. Suppl.

Digitized by Google

Person	Datum	Ort	A. M.	M. V.	Mittel aus A. M.	Differ.
M. D.	14. IV. 1891	Zeigefingerspitze	142	21	144σ	—
			153	12		
			138	10		
		Nacken	118	15	122σ	+22
			127	10		
	15. IV. 1891	Oberarm	138	14	135σ	+ 7
			132	13		
		Stirn	129	17	126σ	+18
			113	7		
		Zunge	126	19	130σ	+14
			135	12		
Bartel	15. V. 1891	Zeigefingerspitze	161	35	159σ	—
			158	27		
		Nacken	123	18	126σ	+33
			129	15		
		Oberarm	133	21	132σ	+27
			130	22		
		Stirn	123	17	121σ	+38
			119	11		
		Zunge	132	10	135σ	+24
			138	14		
	16. V. 1891	Rechte Schläfe	121	6	120σ	+39
			118	9		
		Linke Schläfe	117	11	118σ	+41
			118	10		
		Rechte Wange	134	12	132σ	+27
			129	16		
		Linke Wange	110	6	117σ	+42
			125	13		
		Carpus Volars.	147	15	150σ	+ 9
			153	16		
		Daumenballen	140	5	139σ	+20
			138	7		
		Daumen Ulnar-rand	145	18	143σ	+16
			141	17		
		Daumen Volar-rand	141	14	140σ	+19
			139	15		

S. 5ff.; v. Vintschgau u. Steinach in Pflüger's *Archiv.* XLIII. 188. — Neuere Untersuchungen, die ich mit Hrn. Dr. med. Thuneberg u. A. anstellen konnte, haben ähnliche Ergeb nisse wie die im Texte erwähnten gehabt.

Digitized by Google

Ordnet man die Stellen, von der empfindlichsten an abwärts gehend, so erhält man für M. D. folgende Reihenfolge: Nacken, Stirn, Zunge, Oberarm, Zeigefingerspitze; für B.: Linke Wange, L. Schläfe, R. Schläfe, Stirn, Nacken, R. Wange, Oberarm, Zunge, Daumenballen, Carpus, Radialrand des Daumens, Ulnarrand des Daumens, Fingerspitze. Dieser Ansatz zu einer Topographie der Druckempfindlichkeit nach Maassgabe der Reactionszeiten wird sich alsbald für die Vergleichung mit Temperaturreactionen als nützlich erweisen; in die interessante Vergleichung mit unseren Ergebnissen über die Unterschiedsempfindlichkeit und den Raumsinn an verschiedenen Körperpartien einzutreten, ist hier nicht der Platz.

Die ältesten Untersuchungen über Temperaturreactionen stammen von Herzen.[1] Der Schweizer Physiologe giebt ohne nähere Beschreibung seines Verfahrens nur summarisch an, dass die Reactionszeit für Kälte doppelt, für Wärme dreimal so lang wie für Berührung sei, und für Wärme ungefähr 500—600 σ, für Kälte 250—300 σ betrage. Tanzi[2] hat dasselbe Verhältniss gefunden und als das Mittel für Kälte 227, für Wärme 507 σ angegeben, Zahlen, welche übrigens falsch berechnet sind und 224 und 505 lauten müssen. Bolko Stern[3] fand 1886 bei gesunden Personen eine Incongruenz zwischen Berührungs- und Wärmeempfindung, nicht aber zwischen Berührungs- und Kälteempfindung; Ewald[4] und O. Rosenbach[5] hatten der Hauptsache nach mit Rückenmarkskranken experimentirt. Jedoch hebt Rosenbach hervor, dass bei normalen Menschen durch die Berührung stark erwärmter Gegenstände ein Zeitunterschied in der Auffassung der der Sphaere des Tast-, Wärme- und Schmerzgefühles angehöfenden Empfindungen zu constatiren sei, und dass man zweitens die Differenzen in der Apperceptionszeit steigern oder verringern könne, je nachdem man als Reizstelle Gebiete mit dünnerer oder dickerer Epidermis (Sohle, Lippen) wähle. Die ausführlichsten Erörterungen verdanken wir Goldscheider[6] und Vintschgau.[7] Aus Vintschgau's Zahlen berechne ich das Gesammtergebniss für Kälte auf 161, für Wärme auf 177 σ. Goldscheider, der am Körper sehr sorgsam und im grossen Ganzen gewiss richtig Regionen von verschiedener Temperaturempfindlichkeit festgestellt hat, gruppirt seine Ergebnisse nach drei Stufen der localen Thermoaesthesie intensiven

---

[1] Herzen in *Lo Sperimentale*. October 1879 (dem Verf. unzugänglich gewesen); *Extrait des Archives des Sciences phys.* XV. 118; Pflüger's *Archiv.* XXXVIII. 95.

[2] Tanzi in *Riv. di filosofia scient.* April 1886.

[3] Stern im *Archiv für Psychiatrie.* 1886. S. 485.

[4] Ewald in Pflüger's *Archiv.* XXXVIII. 455.

[5] Rosenbach in *Deutsche medicinische Wochenschrift.* X. Nr. 22 u. XV. Nr. 13.

[6] Goldscheider in *Diesem Archiv.* 1888. S. 424.

[7] v. Vintschgau in Pflüger's *Archiv.* Bd. XLIII.

Digitized by Google

(I), mässigen (II) und schwachen (III) Grades. Ich habe aus seinen Tafeln die folgende Mittelwerthe gezogen:

Kälte			Wärme		
Stelle I	Stelle II	Stelle III	Stelle I	Stelle II	Stelle III
264 σ	358 σ	609 σ	368 σ	466 σ	766 σ

Die Zahlen zeigen Schwankungen von 1 zu 2·3 und längere Zeiten für die Wärmereaction als für die Kältereaction. Goldscheider's Folgerungen betreffen wesentlich die physiologischen Verhältnisse im peripherischen Apparat und in den Leitungsbahnen; sie werden uns daher erst im theoretischen Theile, dort freilich recht ausführlich, beschäftigen.

Ganz neuerdings ist eine neue zweite Studie Tanzi's[1] über unsere Frage erschienen. Tanzi vermied diesmal die Berührung und benützte als Wärmereiz eine Flamme, als Kältereiz Chloraether, welche beide zu wirken anfingen, sobald ein sie bedeckender Metalldeckel herabfiel und im Herabfallen das Chronoskop in Gang setzte. Die Bestimmung der Temperaturhöhe erfolgte lediglich danach, dass sie dicht unterhalb der Schmerzgrenze gewählt wurde. So beschaffene Wärme und Kälte sollen nun vergleichbar sein. Das Zahlenergebniss lautete: 1) aus 50 Wärmereizungen A. M. 517 σ, M. V. 38 σ; 2) aus 50 Kältereizungen auf derselben Stelle A. M. 231 σ, M. V. 26 σ; 3) aus 50 Kältereizungen auf einer halb so grossen Stelle A. M. 380 σ, M. V. 39 σ. Daraus folge einmal, dass Kälte in weit kürzerer Zeit empfunden werde als Wärme, alsdann dass die Reactionszeit für Kälte der für Wärme nahe komme, mithin sich verlängere, wenn das abgekühlte Hautgebiet viel kleiner ist als das erwärmte, und endlich, dass die Reactionszeit der Zahl der gereizten Punkte nicht genau entspreche. Ob hierbei eine Verschiedenheit der Vorgänge im Rückenmark oder eine geringere Entfernung der für Kälte empfindlichen Punkte von der Epidermis, gegenüber den in grösserer Tiefe liegenden wärmeempfindlichen wesentlich sei, will Tanzi nicht unterscheiden.

Man sieht: alle vorliegenden Untersuchungen haben andere Ziele verfolgt als das uns gesteckte. Sie haben die Temperaturreaction unmittelbar, nicht in ihrer zeitlichen Beziehung zur Berührungsempfindung und zum Temperaturschmerz geprüft. So ist eine Lücke geblieben, die unsere Experimente ausfüllen möchten.

Der Zeitunterschied zwischen Berührung und Kälte ist Jedermann aus Alltagserfahrungen geläufig. Legt man die Hand auf eine Marmorplatte oder an ein Eisengeräth, so erhält man erst den Tasteindruck

[1] Tanzi in *Riv. di fren.* XVI. S. 385—415.

Digitized by Google

und dann, nach einer kurzen Pause, die Empfindung des Kühlen. Die Wahrnehmung ist nicht etwa die eines stetigen Ueberganges vom Tasteindrucke zum Gefühl des Kalten, sondern die zweier durch ein empfindungsleeres Intervall getrennten Vorgänge. Am deutlichsten wird dies, wenn man mit einem Tropfer kaltes Wasser[1] auf empfindliche Stellen tropft; da empfindet man Aufschlagen, Pause und ansteigendes Kältegefühl als drei Stadien. Die Versuchsperson erhielt nun die Anweisung, bei der Empfindung des Auffallens den Fingercontact zu schliessen und bei deutlicherem Kältegefühl und zwar möglichst immer bei demselben Grade den Contact zu öffnen. Wir benutzten entweder Eiswasser oder ein Gemenge gleicher Gewichtstheile Schnee und Kochsalz, und wir versuchten, annähernd gleichmässige Tropfen zu erzielen. Gereizt wurde ausschliesslich die Pulsationstelle der linken Radialarterie. Dass die nachfolgenden Zahlen keine echte Temperaturreaction darstellen, vielmehr die kürzere Differenz zwischen zwei Empfindungen bezeichnen, sei ausdrücklich hervorgehoben.

Person	Datum	°C	A. M.	M. V.	Bemerkungen
Wreschner	2. IV. 1891	+20	951	128	Wreschner bezeichnet die Kälte als „dumpf" und die Schwierigkeit einer Reaction bei so geringen Kältegraden als ausserordentlich gross.
		+18	947	89	
		+17	767	45	
		+14	482	23	
		+10	606	89	
		+10	418	41	
		+10	421	22	
		+ 5	449	29	
		+ 5	563	55	
		+ 5	471	45	
	3. IV. 1891	0	449	27	
		0	412	43	
		0	295	41	
		— 1	303	32	
		— 1	284	21	
		— 1	319	37	
M. D.	19. V. 1891	0	312	17	M. D. empfindet auch die erste Berührung schon als etwas kühl, die eigentliche Kälte jedoch erst später.
		0	354	42	
		— 1	220	15	
		— 1	263	13	
		— 5	274	29	
		— 5	309	21	
	21. V. 1891	— 7	250	18	
		— 7	262	25	
		—10	209	20	
		—10	224	12	
		—10	215	16	

[1] Aether oder Quecksilber sind nicht gut verwerthbar.

Digitized by Google

Nach diesen allgemeinen Feststellungen über die Differenz zwischen Berührungs- und Kälteempfindung am gesunden Menschen, kam es darauf an, das Verhältniss desselben Zeitunterschiedes bei wechselnder Grösse der Reizfläche zu prüfen. Wir benutzten das Sensibilometer, dessen drei Kugeln vor jedem Versuch 15 Sec. lang in eine Kältemischung von — 20° C. gehalten wurden. Wieviel von dieser Kälte die Messingköpfe annehmen, vermag ich nicht zu sagen. Ich hatte ursprünglich beabsichtigt, die Feder mitsammt dem Kopf im kalten Luftbade abzukühlen, und deshalb auch das Sensibilometer so eingerichtet, dass die Feder leicht herausgenommen und mit zwei Griffen schnell wieder eingesetzt werden kann. Man wäre dann, etwa nach je zehn Minuten, in der Lage gewesen, die Temperatur der Kugel für gleich mit der Lufttemperatur, vermindert um einen constanten Subtrahendus, zu erklären. Allein diese zehn Minuten konnte ich für einen Einzelversuch nicht aufwenden, und so musste ich zu einer Methode greifen, die zwar keine genauen Temperaturangaben erlaubt, aber den Vortheil hat, dass sie keine Unsicherheit oder Zweideutigkeit in sich schliesst. In einer ersten Versuchsreihe befand sich das Sensibilometer ausserhalb des Stromkreises: diese Experimente entsprechen also den eben berichteten. In einer zweiten Serie war das Sensibilometer eingeschaltet und der Beobachtete reagirte durch Oeffnen des Fingercontactes bei der Kälteempfindung. Zu der in der ersten Reihe gemessenen Zwischenzeit zwischen Berührungs- und Kälteempfindung tritt hier demnach die Zeit, die zwischen der objectiven Reizung und der Berührungsempfindung verfliesst. Diese Zeit entspricht den drei ersten Theilen einer Berührungsreaction, nämlich der Leitung vom Sinnesorgan bis zum Gehirn, der Perception und der Apperception; sie enthält aber nicht die Willenserregung im Centralorgane und die Zeit der motorischen Fortpflanzung bis zum Vollzug der Bewegung. Die Zeit für die Willenserregung vermag man nicht in Zahlen zu fassen, die Zeit für die Fortpflanzung der centrifugalen Nervenerregung kann man jedoch nach den Versuchen von Helmholtz, Baxt u. A. für die Strecke von Rinde zu Finger, auf der directen Pyramidenseitenstrangbahn mit einer Hemmung in den Gangliengruppen des Vorderhorns, auf 30 σ schätzen. Wir werden demgemäss von den bei eingeschaltetem Sensibilometer gefundenen Zahlen abziehen müssen: die Zeit der Berührungsreaction für dieselbe Stelle und dieselbe Kugel, vermindert um den Betrag von 30 σ.

Person	Datum	Ort	Kugel	A. M.	M. V.	
M. D.	25. V. 1891	Daumenballen	I	251	29	Ohne Einschalt.
		Indexknöchel		268	32	
		Daumenballen	II	234	9	
		Indexknöchel		252	21	
		Daumenballen	III	218	24	
		Indexknöchel		229	31	

Digitized by Google

Fortsetzung.

Person	Datum	Ort	Kugel	A. M.	M. V.	
M. D.	25. V. 1891	Daumenballen	I	(353—119) 234	38	Mit Einschalt.
		Indexknöchel		(369—119) 250	35	
		Daumenballen	II	(374—116) 258	48	
		Indexknöchel		(357—116) 241	47	
		Daumenballen	III	(301— 94) 207	33	
		Indexknöchel		(286— 94) 192	16	

Die Uebereinstimmung beider Methoden in ihren Ergebnissen lässt kaum etwas zu wünschen übrig, denn die grösste Abweichung beträgt nicht mehr als 37 σ; vielleicht aber liegt ein Mangel darin, dass bloss der Verfasser als Versuchsperson fungirt hat. — Reactionsversuche über die Kälteempfindlichkeit an verschiedenen Körperstellen sind gleichfalls, obschon nicht in grosser Zahl, angestellt worden; da sie fast durchgängig sich mit Goldscheider's Resultaten decken, so darf von einer Mittheilung derselben abgesehen werden.

Was im Allgemeinen über das Verhältniss von Berührungs- zu Kälte-Empfindung gesagt worden ist, gilt gleichermaassen von den Beziehungen zwischen Berührungs- und Wärme-Empfindung und bedarf keiner Wiederholung. Auch hier wurden zunächst Tropfversuche vorgenommen, mit der Vorsichtsmaassregel des Abschleuderns des ersten Tropfens, der zu schnell an der Luft abkühlt. Zwischen den Einzelversuchen wurde die betropfte Hautstelle natürlich sorgfältig abgewischt; gereizt wurde der Ort der Pulsation der linken Radialarterie. Der Beobachtete schloss den Fingercontact bei der Berührungsempfindung und öffnete ihn bei deutlicher Wärmeempfindung.

Person	Datum	°C	A. M.	M. V.	Bemerkung
Wreschner	22. III. 1891	+40°	643	24	Bei 55° nimmt manchmal die Wärmeempfindung eine schmerzhafte Färbung an.
		45	610	51	
		50	407	77	
		55	293	29	
Bartel	24. III. 1891	40	520	32	
		45	523	48	
		50	436	25	
M. D.	31. III. 1891	40	609	42	
		45	603	37	
		50	514	24	
		55	502	36	

Digitized by Google

Dieselben Beziehungen sind in der eben beschriebenen doppelten Weise mit dem Sensibilometer untersucht worden, ohne freilich zu ebenso glatten Ergebnissen wie bei der Kälte zu führen. Woran das liegt, vermag ich nicht zu sagen; ich theile jedoch gerade deshalb die Resultate unten mit. Die Kugel blieb vor jedem Versuch 15″ in warmem Quecksilber. Um nun ungefähr zu wissen, wieviel Wärme die Kugel im Augenblicke des Aufsetzens enthält, ging ich auf die früher besprochene Thatsache zurück, dass man zwei Temperaturreize mit einem geringen, zwei Zehntel Grad C. oder mehr betragenden Fehler gleich schätzen kann. Ich habe nun auf sämmtlichen zu erwähnenden Hautstellen die in einer gewissen Temperaturhöhe eine bestimmte Zeit verbliebenen Kugeln aufgesetzt und mit der Wärme bezw. Kälte eines mit thermometrisch gemessenem Wasser gefüllten Probirgläschens verglichen. Es ergiebt sich nun beispielsweise, dass von einer Versuchsperson am Daumenballen die Kugel 2, die 15 Secunden lang in Quecksilber von 50° C. erwärmt worden war, als gleich warm bezeichnet wird mit einem Probirgläschen, das Wasser von 48·5° C. enthält. Da die Grössenschwelle an dieser Stelle für die betreffende Person 0·3° C. beträgt, so kann der Fehler nicht grösser als diese Zahl sein, die objective Temperatur also nur innerhalb der Grenzen von 48·2—48·8° gelegen sein, was ich so andeuten werde, dass ich $48·5_3$ schreiben werde. Ganz ähnlich sind die objectiven Temperaturen für das Thermotopoaesthesiometer bestimmt worden.

Nunmehr wird die folgende Tafel verständlich sein.

Person	Datum	°C	Ort	A. M.	M. V.	
v. Bentivegni	11. V. 1891	$38·5_3$	Daumenballen	677	116	Ohne Einschaltg.
		$42·7_3$		540	42	
		$48·5_3$		501	60	
		$52·5_3$		461	69	
		$38·5_3$		(808—96) 712	167	Mit Einschaltg.
		$42·7_3$		(771—96) 675	121	
		$48·5_3$		(645—96) 530	60	
		$52·5_3$		(583—96) 477	55	

Die Topographie der an Reactionen gemessenen Temperaturempfindlichkeit ist für Wärme den Angaben Goldscheider's entsprechend und deshalb hier nicht mitgetheilt. Dagegen verdienen unsere Untersuchungen über den Einfluss der Vorbereitungszeit auf Wärmereactionen eine Erwähnung, weil sie neu sind. Gewöhnlich galt dem Beobachteten das Auslösen des Chronoskop-Uhrwerkes, das etwa 6 Secunden vor Beginn des Experimentes erfolgte, als Signal. Nunmehr wurde die Zeit zwischen Signal und Beginn variirt und in einer Reihe noch die Erleichterung

Digitized by Google

hinzugefügt, dass kurz vor dem Aufsetzen des nicht in den Stromkreis eingeschalteten Sensibilometers „Jetzt" gerufen wurde. Die nächste Tafel zeigt die Ergebnisse, die mit denen von Wundt, Lange, Cattell, Bertels, Dwelshauvers, Martius sehr schön übereinstimmen, indem die kürzeste Reaction bei einer Vorbereitungszeit von 2 Secunden eintritt.

Person	Datum	Kugel II Hg. °C.	Ort	A. M.	M. V.	Bemerkungen
v. Bentivegni	12. V. 1891	55	Knöchel des 1. Zeigefingers	419	65	Vor dem Exp. „Jetzt".
				415	90	6 Sec. zw. Sign. u. Ber.
				474	96	4 „ „ „ „ „
				363	98	2 „ „ „ „ „

Hieran schliesst sich eine Tabelle, die den Factor „Zerstreuung" in seiner Bedeutung für die Wärmereaction illustriren soll.

Person	Datum	Kugel II Hg. °C.	Ort	A. M.	M. V.	Bemerkungen
v. B.	13. V. 1891	55	Knöchel des 1. Zeigefingers	425	49	Ratteln eines Inductionsapparates. Bentivegni fühlt sich wenig gestört.
				395	60	M. D. spricht. Wenig gestört, aber doch mehr als bei 1.
				359	70	Induct. u. Sprechen. B. glaubt, die sehr angreifende Störung durch Energie überwunden zu haben.
				431	58	Bewegen von Fingern vor B.'s Augen. Wenig gestört.
				508	67	Etwa gleichzeitig ein Finger in der Nähe der berührten Stelle aufgesetzt. Sehr gest.
				420	135	Gleichzeitiger schwacher Kältereiz. Sehr gestört.
				450	102	Gleichzeitiger schwacher Wärmereiz. Sehr gestört.

In den Exp. der letzten 3 Reihen reagiert B. am schnellsten, wenn der Nebenreiz zuerst kommt, weniger schnell, wenn er gleichzeitig, am langsamsten, wenn er später erfolgt.

Digitized by Google

Ich brauche den Zahlen nichts weiter hinzuzufügen als dies, dass die letzte Reihe nicht eigentlich eine Störung des psychischen Vorganges misst, sondern vielmehr die ursprünglich einfache Reaction in eine zusammengesetzte verwandelt, bei der Unterscheidung und Wahl eine bedeutende Rolle spielen. Die Versuche nach dieser Richtung hin zu erweitern, lag nicht im Plane unserer Arbeit. —

3. Bei dem durch Kälte erzeugten Schmerz hat man zweierlei zu unterscheiden. Geringe Kälte wie die des Eises führt sehr langsam einen ziehenden, „nervösen" Schmerz herbei, über dessen Latenzperiode bereits zahlenmässig berichtet worden ist. Aber auch Kältemischungen bis zu —20° C. hinab erzeugen erst nach verhältnissmässig recht langer Zeit den Schmerz, der freilich dann den Charakter des Brennens, des Prickelns trägt. „Berühre ich z. B. mit dem neutralen Finger auf —10° C. abgekühltes Quecksilber, dann fühle ich das Prickeln mit unmittelbar darauf folgendem Stechen nach weniger als 15 Secunden ungemein deutlich. Viele Minuten lang bleibt hierauf die Hautstelle kalt, tauche ich aber den Finger sogleich nach jener Abkühlung (während etwa 30 Secunden) in Wasser von 70°, dann hört augenblicklich die Kälteempfindung, welche überhaupt nur an den Grenzen der Berührungsfläche rein war, auf, und das Stechen dauert fort, so dass ich nicht im Stande bin zu sagen, ob die fragliche Hautstelle kalt oder heiss ist, während das stechende Gefühl praevalirt."[1] Genau dieselben Wahrnehmungen macht man auch bei —20° C., d. h. das Prickeln und Brennen tritt erst nach einer Zeit von 10—15 Secunden ein. Eine constante niedrigere Temperatur in einer für meine Experimente zweckmässigen Weise herzustellen, ist mir bisher nicht gelungen.

Desto genauer kann schon jetzt über das Zeitverhältniss zwischen der Wärmeempfindung und der durch Wärme verursachten Schmerzempfindung berichtet werden. Die grundlegenden Versuche sind sehr einfach anzustellen. Tropft man Wasser von 65° C. auf den Handrücken, so bemerkt man den früher besprochenen Unterschied zwischen Berührung und Wärme, wählt man Wasser von 72—80° C., so setzt sich den beiden Phasen noch eine dritte auf. Man unterscheidet dann drei durch je eine Empfindungspause getrennte Stadien, nämlich Berührung, Wärme, Schmerz. Sobald der Schmerz aufgehört hat, fühlt man ein leichtes Aufflackern der Wärme, und nach deren Verschwinden, wenn das Glück gnädig ist und man scharf Achtung giebt, eine leise, an Kitzel erinnernde Berührungsempfindung. Diese rückläufige Bewegung durch die drei Etappen ist deshalb so wichtig, weil sie einen neuen Beweis dafür liefert, dass alle drei Empfindungsarten Summationsempfindungen sind. Uebrigens bedarf

[1] Preyer in Pflüger's *Arch.* XXV, 77.

Digitized by Google

es eines längeren Herumprobirens, ehe die für jedes Individuum wechselnde günstigste Temperatur gefunden ist. Wärme und Schmerz nimmt man auch beim Hineintauchen eines Fingers in heisses Wasser recht schön wahr. Das empfindungsleere Intervall bleibt bei Temperaturen von 68—75° C. zu beobachten, bei höheren Graden verschwindet es. Taucht man sehr schnell den Finger in eine Flüssigkeit von 75°, so kann man bemerken, dass nach dem Herausziehen die Wärmeempfindung abklingt, eine Pause eintritt und nun unvermittelt ein kurzes Stechen erfolgt: ein Beweis, dass der Schmerz nicht die höchste Stufe der Wärmeempfindung darstellt, sondern etwas Neues, Anderes ist, was für eine Theorie des Schmerzes nicht übersehen werden darf.

Ich stelle zuerst die mittelst des Tropfverfahrens am Chronoskop gefundenen Zahlen für die Differenzzeit zwischen Wärme und Schmerz zusammen. Versuchsanordnung wie oben beschrieben.

Person	Datum	Zimmer-Temp.	Wasser-Temp.	Ort	A. M.	M. V.
Wreschner	21. III. 1891	17° C.	65° C.	Oberarm, etwa der Insertion des M. delt. entsprechend	628	72
					504	85
					469	86
			70		386	31
	23. III. 1891	18			391	52
					243	27
			75		208	38
					300	28
					198	75
M. D.	18. III. 1891	16	65		470	77
					531	28
					432	62
			70		350	34
					372	49
					305	26
	31. III. 1891	17	75		291	40
					162	37
					174	38

Die starken Schwankungen innerhalb der Zahlen erklären sich wahrscheinlich durch die Schwierigkeit, den Augenblick des Schmerzeintrittes gleichmässig zu fixiren. Mit derselben Schwierigkeit haben die Eintauch-Experimente zu kämpfen. Ueber sie lässt sich im Allgemeinen sagen, dass das eingetauchte letzte Glied des linken Zeigefingers schon bei 50° C. und

Digitized by Google

zwar nach durchschnittlich 6 Secunden Schmerz verspürt. Im Zeitraume einer Secunde erzeugt Schmerz: am ersten Gliede des Zeigefingers eine Temperatur von 76°, des Mittelfingers 71°, des Ringfingers 69°, des kleinen Fingers 68°. (Mittel aus 124 Versuchen an sechs Personen.) Im Allgemeinen tritt der Temperaturschmerz um so früher ein, je empfindlicher einerseits die Berührungsstelle und je abweichender anderseits die Temperatur des Reizgegenstandes ist. Für die chronoskopischen Versuche galt es nun, immer bei derselben Wärmeempfindung den Contact zu schliessen und bei derselben Schmerzempfindung den Contact zu öffnen; es versteht sich, dass diese Aufgabe nur in beschränktem Maasse erfüllt werden kann. Zwischen den einzelnen Experimenten lagen Pausen von je einer Minute, um Ermüdung und Adaptation nach Möglichkeit auszuschalten; der Finger wurde mit dem letzten Gliede in das ebenso tiefe Wasser senkrecht eingelassen, während des Versuches nicht bewegt und nach demselben sorgfältig abgewischt. Auf die Empfindung an der Dorsal-Seite wurde reagirt.

Person	Datum	Temp.	A. M.	M. V.	Bemerkungen
		+ °C.			
Wreschner	5. III. 1891	50	5920	402	
			5384	410	
		55	2259	339	
			2728	409	
			3044	132	
	4. III. 1891	60	1818	333	
			1643	219	
			1558	234	
			1536	181	
		65	1385	339	
			1078	145	
			1305	90	
	6. III. 1891	70	1013	47	
			827	52	
			953	105	
	9. III. 1891	75	750	81	
			673	68	
			609	104	
		80	481	80	
			566	77	
			513	64	

Digitized by Google

Fortsetzung.

Person	Datum	Temp.	A. M.	M. V.	Bemerkungen
		+ °C.			
Bartel	26. I. 1891	55	2330	266	
		60	1664	390	
	23. II. 1891	70	740	121	
			888	196	
		75	612	115	
			751	67	
v. Bentivegni	30. IV. 1891	50	6994	691	
		50	6159	746	
		55	2012	255	
	1. V. 1891	65	1112	68	
			843	65	
		70	796	130	
			790	122	
	15. V. 1891	75	587	51	
M. D.	6. III. 1891	50	5867	512	
	5. III. 1891		5772	790	
	4. III. 1891		7087	1252	Zimmer bloss 12°
	90. IV. 1891		5403	877	
	6. III. 1891	55	2074	311	
	23. II. 1891		2566	526	
	2. III. 1891		2498	441	
			1849	272	
	6. III. 1891	60	1274	43	
	23. II. 1891		1330	251	
	15. V. 1891		1335	107	
	26. II. 1891	65	1036	133	
	2. III. 1891		1146	152	
	23. II. 1891		1060	89	
	26. II. 1891	70	809	78	
	25. II. 1891		965	52	
	15. V. 1891		991	71	
	28. II. 1891	75	792	43	
	28. IV. 1891		793	76	
	26. II. 1891		719	127	
		80	477	117	
	28. IV. 1891		398	56	
	31. IV. 1891		362	83	

Digitized by Google

Schon ein flüchtiger Blick auf die Tabellen lehrt, dass die Ergebnisse sowohl für die einzelnen Beobachter unter sich als auch für die Gesammtheit der Versuchspersonen recht gut übereinstimmen; der Verfasser selber hat an einer grossen Reihe von Tagen an sich experimentirt und doch ziemlich gleichmässige Zeiten gewonnen. Die Zimmertemperatur war gewöhnlich die von 15—18° C., wo sie besonders abwich, ist es notirt worden.

Fassen wir jetzt kurz zusammen. Die Topographie des an Reactionen messbaren Kälte- und Wärmesinnes ist von Goldscheider richtig beschrieben worden. Seine Angaben über die Länge der Temperaturreaction konnten wir im grossen Ganzen und damit auch Tanzi's und Herzen's Ermittelungen bestätigen, während uns Vintschgau's Zahlen als viel zu klein erscheinen mussten. Bei Reizung einer mittelempfindlichen Hautstelle durch kalte Wassertropfen verfliesst für die Temperaturen von —10 bis + 20° C. zwischen der Empfindung der Berührung und der Empfindung der Kälte eine Zeit von 209—951 σ. Reizung mittelst einer auf etwa — 10° C. abgekühlten Messinghalbkugel lässt zwischen Druck- und Kälteempfindung verstreichen: bei einem Durchmesser von $^1/_2$ cm 251 σ, 1 cm 246 σ, $1^1/_2$ cm 211 σ. Tropfversuche für Berührung und Wärme ergaben folgende Unterschiedszeiten:

Wr. 40 bis 55° C.: 643 bis 293 σ
B. 40 „ 50° C.: 520 „ 436 σ
M. D. 40 „ 55° C.: 609 „ 502 σ

Experimente mit dem Sensibilometer:

v. B. 40 bis 55° C.: 694 bis 469 σ

Und zwar war die Reaction am kürzesten, wenn zwischen dem Signal und der Reizung 2 Secunden verflossen; sie wurde am meisten beeinträchtigt durch etwas später erfolgende Nebenreizung der Haut. Des Intervall zwischen Wärme- und Schmerzgefühl stellte sich bei Tropfversuchen folgendermaassen:

Wr. 65 bis 75° C.: 628 bis 198 σ
M. D. 65 „ 75° C.: 470 „ 174 σ

Bei Eintauch-Experimenten ergaben sich endlich die folgenden Maximal-Werthe:

Wr. 50 bis 80° C.: 5920 bis 481 σ
B. 55 „ 75° C.: 2330 „ 751 σ
v. B. 50 „ 75° C.: 6997 „ 587 σ
M. D. 50 „ 80° C.: 7087 „ 362 σ.

Digitized by Google

IV. Theorie des Temperatursinnes.

A. Körperwärme und Reiztemperatur.

1. Die Biologie[1] unterscheidet zwischen einer physikalischen und einer physiologischen Wärmeregulirung des menschlichen Körpers. Für jene kommt neben minderwerthiger Betheiligung des Respirations- und Digestionstractus vorzugsweise die Thätigkeit der Haut in Betracht, deren Veränderungen aber nicht den Schwankungen der umgebenden Temperatur parallel laufen; für diese der Umstand, dass ganz parallel mit dem Wärmeverlust die Wärmeproduction im Körper angefacht wird.

Die Frucht im Mutterleibe erzeugt, nach Raudnitz, selbständige Wärme, wenngleich in Folge der beschränkten Wärmeabgabe nur in geringem Umfange. Preyer leugnet sogar jede Wärmeregelung der Frucht und damit die Möglichkeit einer Temperaturempfindung, ist aber wohl im Unrecht. Nach der Geburt tritt durch die erste grosse Abkühlung ein Abfall der Körperwärme ein, an den sich eine zweigipfelige Welle anschliesst, bis etwa am sechsten Lebenstage auf dieser Welle die Tagesfluctuation zum Durchbruche gelangt. Von da ab entwickelt der Organismus durch seinen Lebensprocess eine ziemlich constante Summe thierischer Wärme, d. h. natürlich nicht Wärmemenge, sondern Innentemperatur. Und zwar liegt die Normaltemperatur der inneren Theile des erwachsenen Menschen zwischen + 37·25° und 38° C., die Temperatur der Mundhöhle beträgt durchschnittlich 37°, diejenige der Achselhöhle schwankt zwischen 36·25 und 38° C. Beträchtliche Abweichungen, die bekanntlich 4° nicht übersteigen dürfen, werden als warnende Hitze oder Kälte empfunden, während die Scala der erträglichen Aussentemperaturen etwa 150° umfasst — hat man doch einige Minuten in einer auf + 110° erwärmten trockenen Schwitzkammer ausgehalten und andererseits am Fort Reliance Kälte bis zu — 50° C. ertragen. Um sich gegen eine Erniedrigung seiner Körpertemperatur zu schützen, hält der Mensch entweder (durch Kleider, Zimmerheizung u. dgl.) die einmal im Körper gebildete Wärme zusammen oder er steigert seine Wärmeproduction (durch Aufnahme grösserer Nahrungsmengen und vor Allem durch körperliche Bewegung). Die körperliche Bewegung hat einmal Muskelcontractionen zur Folge und diese erzeugen auf doppelte Weise Wärme: primär durch den Vorgang der Contraction selber, secundär durch die be-

---

[1] Rubner, *Biologische Gesetze.* Marburg 1887; Kunkel in *Zeitschrift für Biologie.* XXV. 84; Preyer, *Specielle Physiologie des Embryo.* S. 363; Raudnitz in *Zeitschrift für Biologie.* XXIV. 427 ff.; Oertel, *Therapie der Kreislaufsstörungen.* 1885. S. 179.

Digitized by Google

wegenden Kräfte, die durch innere Widerstände verbraucht und daher nicht in Spannkraft, sondern in Wärme umgewandelt werden (Fick). Alsdann ruft Körperbewegung folgende Erscheinungen hervor: Zunahme des Blutdruckes, Erregung der depressorischen Nerven, Erweiterung der Gefässe unter Abnahme der Arterienwandspannung und Vermehrung der Blutmenge im arteriellen System. Hiermit muss eine erhöhte Wärmeabgabe, sowohl durch die Haut als auch im Inneren des Körpers, zugleich aber eine erhöhte Wärmebildung Hand in Hand gehen.

An diese allgemein bekannten Thatsachen musste ich in aller Kürze erinnern, um die ausserordentliche Bedeutung der Körpertemperatur für die Empfindungen des Temperatursinnes vor Augen zu führen. Die Eigenwärme mit ihren Schwankungen ist Schuld daran, dass wir die Beziehungen zwischen Reiz und Wahrnehmung so selten in das Netz mathematischer Formeln einfangen können. Angenommen die Hautwärme an einer bestimmten Stelle betrage 34° und es würden Reize von (34 + 10′ =) 44° und (34 — 10 =) 24° gewählt — wer will zu behaupten wagen, dass die Empfindungen der Reizwärme und Reizkälte gleichweit vom Nullpunkte entfernt und der Nullpunkt stetig seien? Wir können ja nicht einmal Temperaturdifferenzen mit beliebigem Genauigkeitsgrade messen! Denn wenn wir dies zu thun scheinen, drücken wir doch nur Temperaturänderungen durch die entsprechenden Aenderungen eines Bezugskörpers aus, die dieser innerhalb derselben Zeit- und Temperaturgrenzen erfährt. Der thierische Organismus aber und Quecksilber sind unvergleichbar.

So erhebt sich die Forderung nach einem angepassten Maasse der Wärmevorgänge im Organismus, nach einem biologischen Thermometer.[1] Bekanntlich misst jedes Gasthermometer die Temperatur mittelst der ihr entsprechenden Ausdehnung des Gases. Es bezeichne nun V_0 das Volumen, welches das Gas bei der Nulltemperatur des gefrierenden Wassers einnimmt, V_1 das Volumen bei der Siedetemperatur des Wassers unter Atmosphaerendruck, α den Ausdehnungscoefficienten des Gases für das Intervall 0°—100°, so besteht zwischen diesen Grössen die Gleichung:

$$\frac{V_1 - V_0}{V_0} = 100\,\alpha$$

Eine dazwischen liegende Temperatur Θ, die dem Volumen V entspreche, wird durch die Gleichung gemessen:

---

[1] Wronski, *Nouveaux systèmes de machines à vapeur 1834/35:* ein sehr geistreiches, von allgemeinen Gesichtspunkten getragenes, leider unvollendetes Werk; F. Lucas in *Compt. rend. de la Soc. internat. des Électriciens 1886/87 passim* u. *Compt. rend.* CIII. 1251; Ch. Henry in *Compt. rend. de la Soc. de biol.* 8. Februar 1890 u. in *Compt. rend. de l'Assoc. franç. pour l'avancem. des sciences.* 1889. S. 1075 ff.

Digitized by Google

$$\frac{V - V_0}{\alpha V_0} = \Theta$$

Bezeichnet man ferner die unbekannte Function der wirklichen Temperatur t mit $\varphi(t)$ und setzt unbewiesenermaassen $t = \Theta$, so erhält man:

$$\frac{V}{V_0} = 1 + \alpha\,\Theta = \varphi(t)$$
$$\therefore \varphi(t) = 1 + \alpha\, t$$

Die unbewiesene Gleichsetzung von t und Θ lässt sich jedoch vermeiden, sobald man auf Carnot's Lehrsatz zurückgreift. Dieser lautet: Unter allen zwischen denselben Grenztemperaturen verlaufenden Kreisprocessen, durch welche die Wärme in Arbeit verwandelt wird, ist der umkehrbare Kreisprocess der vortheilhafteste, da bei ihm ein grösserer Bruchtheil der zugeführten Wärme in Arbeit verwandelt wird als bei jedem anders verlaufenden Kreisprocesse. Nennen wir die zugeführte Wärme Q, die abgeführte Q_1, so ist $\frac{Q - Q_1}{Q}$ das Verhältniss der in Arbeit verwandelten Wärme zur zugeführten d. h. der sogenannte Verwandlungscoefficient. Da nun, wie Thomson[1] gezeigt hat, die Grösse der Arbeit, die beim umgekehrten Kreisprocesse aus der zugeführten Wärmemenge Q gewonnen werden kann, nur von den Grenztemperaturen $t\,t_1$ abhängt, so ist folgende Weiterbildung möglich:

$$Q - Q_1 = Q \cdot f(t - t_1) \text{ und da}$$
$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{\varphi(t)}{\varphi(t_1)}, \text{ so wird hieraus}$$
$$1 - \frac{\varphi(t_1)}{\varphi(t)} = f(t - t_1) \text{ und wenn } \beta \text{ der Ausdehnungsdurchmesser}$$
$$\frac{Q - Q_1}{Q} = f(t - t_1) = (e^{\beta t} - e^{\beta t_1}) \,/\, e^{\beta t} = 1 - 1 \,/\, e^{\beta (t - t_1)}$$

Zwischen der thermometrischen Angabe Θ und der aus Carnot's Lehrsatz abgeleiteten Temperatur t besteht also das Verhältniss:

$$e^{\beta t} = 1 + \alpha\,\Theta$$
$$\therefore t = \log(1 + \alpha\,\Theta) \,/\, \beta \log e.$$

Ch. Henry hat nun den Werth des physiologischen β ermittelt als $\log(1 + 100\,\alpha) \,|\, 100 \log e$ und somit die folgende Gleichung gewonnen:

$$t = \log(1 + \alpha\,\Theta) \,/\, \beta \log e$$
$$\text{oder bequemer } t = \log\left(\Theta + \tfrac{1}{\alpha}\right) - \log\tfrac{1}{\alpha} \,/\, \beta \log e.$$

Damit ist theoretisch die Aufgabe der Herstellung eines biologischen Thermometers gelöst. Für die praktische Verwerthung mache

---

[1] Ueber den Zusammenhang zwischen absoluter Temperatur und Carnot'scher Function vgl. Lippmann in *Compt. rend.* XCV. 1058.

Digitized by Google

ich darauf aufmerksam, dass $\alpha = 0{\cdot}0_2\ 366\,254$[1] und folglich für $t = 40^0$ $\Theta = 36{\cdot}3$ und für $t = 40{\cdot}8$ $\Theta = 37{\cdot}07$.[2] Die wirkliche Construction eines solchen Thermometers hat Ch. Henry durch G. Berlemont ausführen lassen.

2. Die Feststellung der Beziehungen zwischen Körperwärme und Reiztemperatur muss ferner den grössten Werth auf die Messung der Hauttemperatur legen. Das von mir häufig verwendete Flächenthermometer hat in der üblichen Form eine elastische Basis und dadurch den Fehler, dass die Höhe der Quecksilbersäule durch die geringste Bewegung verändert werden kann. Ich habe es daher nach dem Muster des Fourier'schen Contactthermometers[3] verbessert und selbstverständlich auch calibrirt. Trotzdem und obwohl die Glasglocke unten mit Watte umgeben wurde u. s. f., nahm jede zuverlässige Messung, d. h. eine bei der mindestens eine Viertelstunde lang das Thermometer denselben Grad zeigte, ziemlich zwei Stunden in Anspruch. Weniger zeitraubend und qualvoll ist Kunkel's[4] Verfahren, das mir leider erst zu spät bekannt wurde. Der vorher calibrirte Apparat besteht aus einem Neusilber-Eisen-Thermo-Element. Von den beiden Löthstellen ist die eine dauernd in Wasser eingetaucht und wird darin auf constanter, stets controlirter Temperatur erhalten; die andere ist so eingerichtet, dass sie genau schliessend der äusseren Haut angelegt werden kann. Die freien Drahtenden des Thermo-Elementes stehen durch einen elektrischen Schlüssel in Verbindung mit einem Spiegelgalvanometer, dessen Ausschläge in bekannter Weise abgelesen werden. Noch bequemer wäre es übrigens, wenn in das Thermo-Element eingeschaltet würde ein lautlos arbeitender Unterbrecher und die primäre Rolle eines Inductoriums, während die secundäre Spirale ein Telephon enthält.[5] Haben dann nämlich die beiden Löthstellen verschiedene Temperaturen, so werden durch den Thermostrom und den Unterbrecher in der Spirale Inductionsströme erzeugt, die als summendes Geräusch im Telephone hörbar sind.

Nach diesen Bemerkungen über die Instrumente der Untersuchung gehen wir gleich zu ihren Ergebnissen über. Die mittlere Hauttemperatur liegt zweifellos zwischen 32 und 35° C. Aber die Abweichungen der einzelnen Körpertheile hinsichtlich ihrer Temperatur von einander, selbst im Zustande der Ruhe und Behaglichkeit, sowie bei der angenehmen Zimmertemperatur von 20° C. sind nicht unerheblich. Ich gebe im Fol-

---

[1] *Beiblätter zu Wiedemann's Annalen.* XIII. 72.

[2] Rankine berechnet den absoluten Nullpunkt mit 274·6, Lucas mit 275·7. Rühlmann in seinem *Lehrbuch der mechan. Wärmetheorie*, S. 555, giebt für Thomson's absolute Scala t die Gleichung $t = 273{\cdot}89 + 1{\cdot}0_3\ 26\ \Theta - 0{\cdot}0_5\ 26\ \Theta^2$.

[3] Fourier in *Ann. de chimie et de physique.* XXXVII. 291.

[4] Kunkel in *Zeitschrift für Biologie.* XXV. 57 ff.

[5] Verfahren von Lenz, s. *Bull. des scienc. de St. Pétersb.* XXIX. 291 ff.

Digitized by Google

genden die von Kunkel und die an meiner Person gefundenen Zahlen neben einander:

	Kunkel	M. D.
Stirn	34·1—34·4	33·7
Auf Jochbogen	34·1	33·5
Wange oder Jochbogen	34·4	31·8
Ohrläppchen	28·8	29·0
Handrücken	32·5—33·2	31·0
Handfläche (längere Zeit geschlossen)	34·8—35·1	34·9—35·3
Handfläche (geöffnet)	34·4—34·8	33·2
Handgelenk	33·1	32·3
Vorderarm	33·7	32·0
Vorderarm, höher	34·0	32·4
Oberarm	34·3	32·4
Sternum	34·4	34·4
Rücken	34·2—34·5	33·7
Oberschenkel	34·2	33·8
Wade	33·6	33·8

Eine leidliche Gleichmässigkeit lässt sich in beiden Reihen nicht verkennen. Auch die meisten Abweichungen von der mittleren Hauttemperatur haben ihren guten Grund in anatomischen Verhältnissen. Die nächste Umgebung einer oberflächlich liegenden grösseren Arterie ist natürlich besser angewärmt als eine gefässarme Gegend; über dichten Muskellagen steht in der Regel die Temperatur höher, als über Sehnen und Knochen und überhaupt zeigt die Oberflächentemperatur einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Regsamkeit des Stoffwechsels der unter einer Hautstelle gelegenen Organe. (Kunkel.) Aber ziemlich unverständlich ist die Thatsache,[1] dass schon bei leichtem Streichen des Brustkorbes und Unterleibes ein auffallender Temperaturwechsel dort wahrnehmbar wird, wo ein lufthaltiges Organ unmittelbar neben einem luftleeren liegt. Die Entdecker dieser von mir bestätigten Thatsache gründen hierauf sogar eine die Percussion ergänzende Methode der „Thermopalpation" und benutzen sie, um die Grenzlinien unter pathologischen Verhältnissen aufzufassen. Das Gebiet der Dämpfung ist kälter und diejenigen Hautstellen, die über lufthaltigen Organen liegen, sind manchmal um 0·9° C wärmer, als die über Herz, Leber, Milz.

3. An der Haut nun giebt es nicht nur eine mehrweniger constante

[1] Brenczúr und Jónás im *Deutschen Archiv für klin. Medicin.* XLVI. 19ff.

Digitized by Google

Temperatur, sondern es spielen sich auch an ihr Vorgänge ab, die den Organismus gegen die Schädlichkeiten übergrosser Kälte und Wärme schützen sollen. Die Gänsehaut und das Frösteln warnen uns vor Kälte, das Schwitzen zeigt uns erhebliche Hitze an. Wie wir aus den Untersuchungen von Goltz, Kendall, Luchsinger u. A. wissen, ist die Wasserausscheidung durch die Haut eine echte, durch Nervenerregung erzeugte Secretion und ihr Centrum den höheren Reflexcentren des verlängerten Markes untergeordnet. Ob freilich das zugehörige centrale System so functionirt, wie ein völlig zweiseitig angelegtes, mit anderen Worten, ob bei einseitig bedingtem Schwitzen immer gleichzeitig auch an der symmetrisch gelegenen Stelle der anderen Seite eine Secretion erfolgt, erscheint mir nach meinen Erfahrungen zweifelhaft.

Aber diese Vorgänge in der Haut sollen hier bloss kurz erwähnt werden, denn sie interessiren uns weniger als die bei Temperaturreizung gewöhnlichen Grades ablaufenden. Wie schnell und wie stark die Empfindung bei einer solchen auftritt, ist offenbar theilweise von der Dicke der Epidermisschicht abhängig, welche die temperaturvermittelnden Nervenendigungen bedeckt. Den physikalischen Widerstand dieses leitenden Mediums werden wir uns wechselnder vorzustellen haben, als den mehr gleichmässigen physiologischen Process in den Nervenbahnen; die Dicke der obersten Haut, ihre hornige Beschaffenheit, ihr Reichthum an Gefässen, ihre eigene Temperatur, ihr Feuchtigkeitsgehalt an der Oberfläche sind unter vielen anderen Bedingungen einer Verzögerung der Wärmezuleitung. Das kann man jeden Augenblick beobachten, wenn man die zu prüfende Hautstelle mit einem schlechten Wärmeleiter, z. B. mit dünner Leinwand bedeckt und an den erhitzten Lampencylinder anlegt oder sie anfeuchtet oder endlich Stellen mit zarter Epidermis wie die Schläfen etwa mit der Fusssohle vergleicht. Also die Dicke der über der empfindlichen Schicht gelegenen Oberhautpartien bildet den ersten wichtigen Factor in den algebraischen Summen, die wir in der Psychophysik des Temperatursinnes zu ermitteln pflegen.

Der zweite Factor ist das Leitungsvermögen. Wahrscheinlich leiten Oberhaut und Fettgewebe schlechter als die Lederhaut und innerhalb der Oberhaut die tieferen Zellschichten besser, als die Hornschicht. Da wir die Temperaturen der Grenzebenen nicht kennen, so ist der Coëfficient der inneren Wärmeleitungsfähigkeit auch nicht nach der bekannten Formel $k = W d / z q \ (t_1 - t_2)$ zu berechnen.[1] Aber wir haben es mit Geweben

[1] Für die Theorie der Wärmeleitung in festen Körpern vgl. Axel Harnack in *Zeitschrift für Mathematik und Physik*. XXXII. 91 ff.; besonders den Abschnitt, der den von zwei parallelen Ebenen begrenzten Körper behandelt. — Die Thatsachen nach Landois, Klug, Goldscheider.

Digitized by Google

zu thun, bei denen jede stärkere Leitung zugleich eine Veränderung setzt. Ist es als festgestellt zu betrachten,[1] dass die Epidermis zwar durch einen Temperaturwechsel innerhalb 0°—63° sich wenig verändert, die Haut im Ganzen aber unter überwiegendem Einflusse des elastischen Gewebes durch die Kälte gedehnt, durch Erwärmung zusammengezogen wird, so wird durch Aenderung der Temperatur eine Molecularänderung der Gewebe, die die Haut bilden, derart bewirkt sein, dass ihr Einfluss auf die Nervenendigungen möglicherweise als Wärme, bezw. Kälte empfunden wird. Wir müssen uns also den wirklichen Betrag der die Nervenerregung bewirkenden Wärme als ungemein niedrig vorstellen und zu der Einsicht gelangen, dass erstens die Feinheit des Temperatursinnes der des Sehens und Hörens gleichkommt, zweitens sein wahrer Gegenstand nicht das Object der Aussenwelt, sondern ein Miniaturbildchen dieses Objectes ist.

In engerer Verbindung hiermit steht ein drittes Moment: die Eigenwärme der Haut. Ihr statisches Gleichgewicht bleibt unterhalb der Merklichkeitsschwelle, die für die verschieden gewohnten Körpertheile schwankt, nur ihre dynamischen Veränderungen setzen, der Differenztheorie entsprechend, Empfindungen.[2] So lange also der Wärmestrom in einem Beharrungszustande die Haut von innen nach aussen durchfliesst, fehlen deutliche Empfindungen. Empfindungen der Wärme entstehen: wann die Bedingungen des Wärmezuflusses von aussen günstiger oder die des Wärmeabflusses ungünstiger werden, Kältewahrnehmungen unter den entgegengesetzten Bedingungen. Das Bestimmende für die Temperaturempfindung ist jedenfalls die Eigentemperatur des thermischen Apparates in der Haut So oft dieser an irgend einer Stelle eine Temperatur hat, welche über seiner Nullpunkttemperatur liegt, empfinden wir Wärme, im entgegengesetzten Falle Kälte. Und zwar ist die eine oder die andere Empfindung um so stärker, je mehr die jeweilige Temperatur des thermischen Apparates von seiner Nullpunktstemperatur abweicht. (Hering.) Aber Näheres über die Dissociationsvorgänge, die diese Molecularbewegungen begleiten, wissen wir nicht. Die von Franz Goldscheider geführte mathematische Untersuchung über die Wärmebewegung in der Haut bei äusseren Temperatureinwirkungen hat wahrscheinlich gemacht, dass Betrag und Geschwindigkeit der Erwärmung proportional der Differenz zwischen Reiz- und Hauttemperatur, d. h. der Reizstärke, sowie unabhängig von der Bluttemperatur sind. Dagegen besteht keine einfache Beziehung zur Zeit.

[1] Lombard und Walton im *Centralblatt für die med. Wissensch.* XXI. 578.

[2] Delboeuf, *Théorie gén. de la sensibil.* S. 35; Hering in *Sitzungsberichte der Wiener Akademie.* 3. Abth. LXXXV. 101.

Digitized by Google

Um die Ergründung dieser Beziehung zur Zeit, des vierten Factors in unserer Aufzählung, hat sich Alfred Goldscheider besonders verdient gemacht. Wir können seiner Analyse im Wesentlichen folgen, obwohl gegen Einzelheiten derselben, z. B. die Verwerthung der Eulenburg'schen Differenzzahlen als Minimalwerthe, Bedenken vorliegen. Wenn ein kalter oder warmer Gegenstand mit der Haut in Berührung kommt, so wird die eintretende Temperaturveränderung der obersten und der empfindlichen Schicht zunächst mit wachsender, dann (bei erfolgter Annäherung an die Objecttemperatur) mit nachlassender Geschwindigkeit sich vollziehen. Die Schnelligkeit dieser Temperaturveränderung ist nun bei Kältereizen eine geringere als bei Wärmereizen, woraus sich die Schwierigkeit erklärt, schnell vorübergehende Kältereize zu empfinden; länger dauernde Kältereize werden natürlich um so deutlicher wahrgenommen, je mehr die Temperatur der Haut der ihrigen sich nähert. Bei allen Temperaturreizen aber werden die Nervenendigungen nur so lange erregt, wie die Temperatur der empfindlichen Schicht wirklich steigt oder fällt, werden es aber nicht mehr, wenn sie bei irgend einer Höhe constant bleibt. Wir bemerken z. B. nicht, ob unsere Stirn oder unsere Hand wärmer ist, ehe wir nicht etwa die Hand an die Stirn legen. Nun kommen zu der Zeit, welche die Wärme braucht, um durch die unempfindliche Schicht bis zur empfindlichen geleitet zu werden, noch zwei Zeiten hinzu, nämlich diejenige der Umsetzung des Wärmevorganges in Nervenerregung und diejenige der Fortpflanzung durch die Nervenbahnen bis zum Rindenbezirk. Die Summe dieser drei Zeiten kann man die Latenzzeit der Temperaturempfindung nennen. Ihr erstes Glied ist uns am durchsichtigsten und wir werden daher ein gut Theil der früher besprochenen Langsamkeit des Merklichwerdens von Temperaturreizen auf ihr Conto schreiben dürfen. Dass indessen auch in den Leitungsbahnen Hemmungen eingeschaltet sind, ist darzuthun versucht worden.

B. Die Vorgänge im Nervensystem.

1. Die Art des Processes im nervösen Endorgane der Peripherie bei Einwirkung von Wärme oder Kälte ist in tiefes Dunkel gehüllt. Dass man mit Lotze von „Oscillationen" spricht, thut wenig zur Sache, dass man mit Fick-Wunderli den Unterschied zwischen Temperatur- und anderen Hautempfindungen erklären dürfte durch die Verschiedenheit in der räumlichen Anordnung der Intensitätsabstufung der Erregungen, die vielen Fasern des oberflächlichen Systems zu Theil werden, ist durchaus unwahrscheinlich. An verschiedene Nerven und „Punkte" für Wärme und Kälte glauben wir nicht. Es besteht auch eine auffallende Incongruenz zwischen

Digitized by Google

Goldscheider's Befunden in vivo und bei der histologischen Untersuchung, zwischen der behaupteten Trennung von Punkten und der gleichmässigen Ausbreitung der Epithelnervenenden. Dagegen finden wir mit Unna[1] die Beziehung zwischen der empfindlichen Schicht und den Gefässen sehr wichtig, obwohl nicht lediglich massgebend, da ja die Hornhaut nicht nur an ihrem gefässhaltigen Rande, sondern auch in der gefässlosen Substantia propria corneae Temperaturempfindungen vermittelt. Jedenfalls knüpfen subjective Wärme- und Kältegefühle an eine wechselnde Fülle der Gefässe an, und die Gefässweite, obschon keine einfache Function der Eigenwärme der Hautgewebe, geht doch sicherlich auf diese als auf ihre wichtigste Bedingung zurück. Das Gefässendothel steht in der That mit peripheren Ganglien, die sowohl an den Gefässen, wie im subepithelialen Netze nachgewiesen und die anatomische Grundlage der Angioneurosen sind, und auch mit der Grosshirnrinde einerseits, dem vasomotorischen Centrum anderseits in Verbindung.

Eine sehr allgemeine Theorie der Vorgänge im peripherischen Nervensysteme hat Hering entwickelt. Er geht — nach seinen eigenen Worten[2] — von der Annahme aus, dass beide Qualitäten der Temperaturempfindung durch einen und denselben Nervenapparat vermittelt werden, und begründet diese Annahme insbesondere durch die Thatsache, dass jeder Temperaturreiz, welcher eine Temperaturempfindung erzeugt, in demselben Maasse als er die Empfindlichkeit des thermischen Apparates für die Reize gleicher Art herabsetzt, zugleich die Disposition zur Erzeugung der gegensätzlichen Empfindung erhöht und also die Erregbarkeit für die entgegengesetzten Temperaturreize steigert. Demnach schreibt Hering der nervösen Substanz des thermischen Apparates zwei verschiedene Erregbarkeiten zu: eine für die positiven, die andere für die negativen Eigentemperaturen, und zwei verschiedene Erregungszustände, deren einer der Empfindung warm, der andere der Empfindung kalt entspricht. Endlich leitet Hering die Erscheinungen der Adaptation und des Contrastes aus seiner allgemeinen Theorie der Nervenfunction ab, welche sich auf die Annahme gegensätzlicher Processe (Assimilirung und Dissimilirung) in der nervösen Substanz gründet. Das wäre Alles so weit ganz gut und schön, wenn nicht folgerichtigerweise auch für die leitende Nervenfaser je zwei Modificationen des Erregungsvorganges angenommen werden müssten; und diese Hypothese ist kaum gerechtfertigt. Die Verschiedenheiten liegen entweder in der Peripherie, worüber wir soeben gehandelt haben, oder im Centrum, von dem nunmehr die Rede sein wird, oder in beiden zusammengenommen.

---

[1] Unna in den *Monatsheften für prakt. Dermatologie.* VIII. 259 ff.
[2] Hering in Hermann's *Handbuch.* III. 2. S. 439.

Digitized by Google

2. Es hat sich gezeigt, dass die Länge der zur Entstehung von Temperaturempfindungen erforderlichen Einwirkung zum Theil in den eigenthümlichen Verhältnissen der Haut begründet ist. Es ist aber auch im allgemeinen Theile dargethan worden, welche Gründe für eine Summation der Erregung im Marke sprechen. Hält man daneben die Thatsache[1] der Auslösung von Schmerzempfindung, sowie von Reflexen durch Summation sich zeitlich folgender sensibler Reize, so wird man die Bedeutung der grauen Rückenmarkssubstanz nicht unterschätzen können. Aeltere pathologische Erfahrungen lehren, dass Unterbrechung der Hinterstränge das Kälte-, Druck- und Muskelgefühl aufhebt, die Wärmeempfindung weniger schädigt, dass dagegen die Entartung der mittleren Gebiete der grauen Substanz einen Ausfall der Wärmeempfindung bewirkt. Und aus den neueren Forschungen über die Höhlenbildungen, besonders also über Syringomyelie, scheint sich eine Fortpflanzung der Temperaturwahrnehmungen längs der Hinterhörner zu ergeben.[2] Aber mit solchen dürftigen Daten ist einer Theorie des Temperatursinnes noch nicht gedient. Hier besteht vielmehr eine sehr bedauerliche Lücke in unseren Kenntnissen, die erst durch die geduldige Arbeit langer Jahre wird ausgeglichen werden können.

Welche abschliessende Allgemeinanschauung die den bis jetzt bekannten Thatbeständen entsprechendste zu sein scheint, wird vielleicht aus einem Schluss-Résumé hervorgehen.

C. Zusammenfassender Rückblick.

1. Der Temperatursinn ist eine einheitliche, zu den Summationsempfindungen gehörende Wahrnehmungsmodalität mit zwei Qualitäten, die sich in wachsender Grösse von einem Nullpunkte entfernen. Der Versuch, aus vivisectorischen und pathologischen Beobachtungen eine Trennung in zwei Modalitäten herzuleiten, ist ebenso wenig geglückt, wie der Versuch, zwei verschiedene Endapparate nachzuweisen. Die Blix'schen Punkte sind ein Kunsterzeugniss. Dass sie bisher ohne Widerspruch blieben, verschuldet hauptsächlich die Leichtigkeit, mit der man feststellen kann, dass an einzelnen Hautstellen die Kälte, bezw. Wärme einer Metallspitze besser gefühlt wird, als an anderen. Diese Thatsache erklärt sich jedoch theils durch peripherisch bedingte Schwankungen der Aufmerksamkeit und durch

[1] Naunyn im *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.* XXV. 272ff. Dort auch Stellennachweise aus den Arbeiten von Minkowski, Stirling, Ward, Schreiber, Bach, Miescher und Worolischoff.

[2] Genauere Auseinandersetzungen werden in dem Abschnitte über Pathologie der Haptik gegeben werden.

Digitized by Google

Suggestionen, theils durch Aenderungen in der Stärke des Aufdrückens, der Temperatur der Spitze, der Verhältnisse in der Haut u. s. w. Das wirklich entscheidende Experiment scheint erfolglos zu bleiben. Ob wir Wärme oder Kälte fühlen, ist also unseres Erachtens nicht davon abhängig, ob ein Wärme- oder Kältepunkt von einem beliebigen Reize getroffen wird, sondern davon, welcher Reiz auf den einheitlichen Endapparat einwirkt. Wir denken uns, dass bei der Kälteempfindung die Hautwärme sinkt, hierdurch der nervöse Endapparat sich ausdehnt und einen ganz bestimmten Reiz mit Hülfe des indifferenten Leitungsnerven an das Grosshirn übermittelt, während ein andersartiger Reiz an das Centrum gelangt, sobald die Hautwärme durch Zufuhr von aussen oder durch Behinderung ihrer normalen Ausstrahlung steigt und der Endapparat sich verdichtet. Dehnt nun Abkühlung die Haut aus und zieht Wärme sie zusammen, so entsteht eine Molecularveränderung der Hautgewebe und im Kaliber der Gefässe eine Modification, die durch directe Nervenverbindungen an die Rinde gemeldet wird.

2. Die Intensität einer Temperaturempfindung entspricht nicht schlechthin der lebendigen Kraft der Bewegungen der Wärmereize, sondern ist noch durch fünf andere Factoren bedingt. Diese sind: die Grösse der getroffenen Fläche, die Zeit der Einwirkung des Reizes, die Dicke der Oberhaut, ihr Leitungsvermögen und — letztens, aber nicht schlechtestens — ihre Temperatur. Die mittlere Hauttemperatur liegt zwischen + 32 und 35° C., die mittlere Temperatur des Körpers ist als mit einem Punkte der gewöhnlichen Thermometerscala zusammenfallend vorzustellen, welcher dem indifferent warmen Bade entspricht. (34—35° C. nach Liebermeister.) Die Abweichungen von der mittleren Hauttemperatur erregen nur irgend einen nervösen Endapparat, vielleicht die sogenannten freien Endigungen. Die Entscheidung über den Endapparat muss sich aus der histologischen Untersuchung derjenigen Theile ergeben, die alle anderen Hautempfindungen, aber keine Temperaturempfindungen vermitteln; das Hauptaugenmerk ist dabei auf die Epidermis zu richten, weil die Prüfung an Narben und mit Ziehpflastern zeigt, dass die empfindliche Schicht in ihr oder wenigstens an der Grenze zwischen ihr und Cutis zu suchen ist.

Erkrankungen der peripheren Nerven, des Rückenmarks und des Gehirns, sowie die Wirkungen einzelner Arzneimittel lehren, dass der Temperatursinn in einem bestimmten Umfange unabhängig von den übrigen Sensibilitätsmodalitäten ist und am nächsten dem Schmerze steht. Gegen diese Unabhängigkeit sprechen auch nicht die Interferenzerscheinungen zwischen Druck- und Temperaturempfindungen: im Gegentheil, der Umstand, dass diese Phaenomene nur ausnahmsweise auftreten und gewöhnlich eine sehr deutliche Sonderung zwischen beiden Wahrnehmungen besteht,

Digitized by Google

ist ein Beweis für die Unabhängigkeit beider Bewusstseinszustände. Was über das zeitliche Verhältniss zwischen ihnen und dem Schmerz festgestellt wurde, lässt sich kurz folgendermaassen zusammenfassen: Reizung einer mittelempfindlichen Hautstelle durch Kälte von -10^{0} C. lässt ungefähr $^{2}/_{10}$ Secunden zwischen Druck- und Kälteempfindung, Wärme von $+40^{0}$ C. etwa $^{6}/_{10}$ Secunden verstreichen; das Intervall zwischen Wärme- und Schmerzgefühl schwankt je nach der Stärke des Reizes von 7 Secunden bis hinunter zu $^{1}/_{10}$ Secunde.

3. Die Reizung eines sensiblen Nerven in seinem Verlaufe durch unmittelbare Reize setzt zwar eine Erregung, aber nach unseren Erfahrungen nicht die Sinnesempfindung, die man erwarten könnte, in unserem Falle also Wärme oder Kälte. Sollte es aber auch der Fall sein, so wäre damit für die übliche Lehre von den specifischen Energien nichts gewonnen, denn man dürfte vasomotorische Vorgänge oder die Thätigkeit der Terminalkörper in den Nervenscheiden für das etwaige Auftreten der Empfindung verantwortlich machen.

Digitized by Google

Die athemhemmenden und -anregenden Nervenfasern innerhalb des Vagus in ihren Beziehungen zu einander und zum Athemmechanismus.

Von

S. J. Meltzer

in New York.

(Hierzu Tafel VII—XII.)

I.

§ 1. Die Geschichte der Versuche über den Einfluss der elektrischen Vagusreizung auf die Athmung ist mehr oder weniger ausführlich wohl jedem Physiologen bekannt. Mit Ausnahme einer kurzen Periode ist seit mehr als 40 Jahren fast kein Jahr vergangen, in dem nicht mindestens Eine Abhandlung über unseren Gegenstand zu Tage gefördert worden ist. Die besten Namen in der physiologischen Litteratur sind mit diesen Untersuchungen verknüpft. Und das Resultat? Wohl sind alle Forscher darüber einig, dass die elektrische Reizung des Vagus die Athmung zweifellos beeinflusst; aber in welchem Sinne, ob inspiratorisch oder exspiratorisch, oder beides? Da begegnen wir befremdlicherweise den mannigfaltigsten Widersprüchen!

Es dürfte förderlich sein, in dem Widerstreite der Angaben zwei Gesichtspunkte auseinander zu halten: erstens, dass ein und derselbe Forscher einmal inspiratorische, ein anderes Mal exspiratorische Einflüsse beobachtet; zweitens, dass der eine Forscher immer und immer wieder nur inspiratorische, der Andere nur exspiratorische Einflüsse constatirt. Dieser letzte Zwiespalt müsste ein grosses Befremden erregen, da, wie Rosenthal[1] bemerkt, „es sich hierbei gar nicht um theoretische Streitfragen, sondern einfach um Thatfragen handelt".

[1] I. Rosenthal, *Neue Studien über Athembewegungen.* 1. Artikel, *dies Arch.* 1880. Suppl.-Bd. S. 35.

Digitized by Google

Mir scheint es indessen, dass gerade in Bezug auf den letzten Gesichtspunkt ein unverkennbarer Fortschritt zu constatiren ist. Wenn wir Rosenthal's Zusammenstellungen der bezüglichen Litteratur als Basis für unsere Beurtheilung nehmen, so finden wir in seiner ersten Uebersicht[1] ganze Gruppen von Untersuchern aufgezählt, die nur das eine oder nur das andere gesehen haben wollen, wobei die inspiratorische Vaguswirkung die meisten Anhänger aufzuweisen hatte. In seiner zweiten,[2] um 20 Jahre später erschienenen Uebersicht hingegen finden wir nunmehr Rosenthal selbst als den einzigen, der dafür eintritt, dass man nur inspiratorische Einflüsse bei Vagusreizungen erzielen könne; alle die anderen neu hinzugetretenen Forscher neigen sich der Meinung zu, dass man bei der Vagusreizung sowohl inspiratorische, als auch exspiratorische Wirkungen beobachten kann.

Ich will hinzufügen, dass dieser letzte Standpunkt auch von allen neueren Autoren, die sich im letzten Jahrzehnt mit dem in Rede stehenden Gegenstande befasst haben, so ziemlich getheilt wird.[3]

Man dürfte demnach den Satz aufstellen, dass mit der alleinigen Ausnahme Rosenthal's, alle Forscher, die sich in den letzten 30 Jahren mit den Beziehungen des Vagus zur Athmung befasst haben, der übereinstimmenden Ansicht sind, dass bei der elektrischen Reizung des Vagus sowohl inspiratorische, als auch exspiratorische Einflüsse beobachtet werden. Da man aber aus Rosenthal's früheren Arbeiten nachweisen kann, dass er selbst[4] exspiratorische Stillstände gelegentlich beobachtete, so sollte man eigentlich behaupten dürfen, dass mindestens der Hauptsache nach ein „Streit um Thatfragen" unter den Untersuchern gar nicht mehr existirt.

§ 2. Wir müssen indessen noch mit einer Differenz in der Deutung des Beobachteten rechnen, die einem „Streite um Thatfragen" fast gleich

[1] I. Rosenthal, Die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum N. Vagus. Berlin 1862.

[2] I. Rosenthal, *Neue Studien.* II. Artikel. *Dies Arch.* 1881.

[3] Wedenski, Ueber den Einfluss der elektr. Vagusreizung auf die Athmung der Säugethiere. *Pflüger's Archiv.* Bd. 27. — Knoll, *In den Berichten der Wiener Acad. der Wiss.* in fast allen Jahrgängen der letzten Decade. — Anrep-Cybulski in *Hoffmann u. Schwalbe's Jahresb.* 1884. — Marckwald, Die Athembewegungen und deren Innervation beim Kaninchen. *Zeitschrift für Biol.* 1886. — H. Head, On the Regulation of Respiration. *Journ. of Physiol.* Vol X., u. a. m.

[4] Athembewegungen u. s. w. Z. B. S. 41. „ .... So leicht es ist, Contractionen des Zwerchfells zu erhalten, ist man manchmal trotz aller Bemühungen nicht im Stande, unzweifelhafte Erschlaffung zu sehen, während dies andere Male bei verhältnissmässig schwachen Strömen gelingt." Ich komme später darauf zurück.

Digitized by Google

kommt, einer Differenz, die zwischen Rosenthal auf der einen und fast allen späteren Autoren auf der anderen Seite in Bezug auf die Deutung der gelegentlich beobachteten exspiratorischen Einflüsse besteht.

Schon Gilchrist,[1] der in den fünfziger Jahren im du Bois-Reymond'schen Laboratorium Versuche an 13 Kaninchen angestellt hatte und nur inspiratorische Wirkungen erzielen konnte, hatte die Vermuthung ausgesprochen, dass die beobachteten exspiratorischen Einflüsse von einer Versuchscomplication herrühren müssen. Rosenthal, der Assistent in diesem Laboratorium war, wo man gewiss mit Elektricität umzugehen versteht, hatte sich die Hypothese weiter zurechtgelegt, dass die Complication in Stromschleifen oder in einer unipolaren Abgleichung zu einem benachbarten Nerven bestehen müsse. Und auf Grund dieser Hypothese hat Rosenthal die allseitig bestätigte Entdeckung gemacht, dass bei Reizung des Laryngeus superior das Zwerchfell in Erschlaffung stillsteht! Indem Rosenthal ferner richtigere Untersuchungsmethoden ausgebildet und die Fragestellung klarer praecisirt hatte, unterwarf er den ganzen Gegenstand einer meisterhaften Bearbeitung und kam dabei zum Resultate, dass diejenigen Recht hatten, welche angaben, dass sorgfältige elektrische Reizung des Vagus nur inspiratorische Bewegungen bewirke; alle dabei gelegentlich auftretenden exspiratorischen Erscheinungen rühren nur von unipolaren Abgleichungen oder Stromschleifen zum Laryng. sup. her. Es war eine bestechende Erklärung der befremdenden Widersprüche und verfehlte auch ihren Einfluss nicht,[2] so dass in der darauffolgenden Zeit für einige Jahre gar keine neuen Untersuchungen über diesen Gegenstand erschienen — die einzige Ausnahme in der langen Periode! Bald fing man indessen wieder an darüber zu experimentiren, aber, wie wir sahen, mit dem entgegengesetzten Erfolge, dass nämlich nunmehr alle Untersucher auch von exspiratorischen Erscheinungen zu berichten wissen. Diese auffällige Thatsache, dass nämlich vor dem Rosenthal'schen Eintreten so viele Forscher gar keine exspiratorischen Einflüsse sahen, während sie nachher von jedem sich damit beschäftigenden Untersucher beobachtet worden sind, ist meines Erachtens nur dadurch zu erklären, dass durch Rosenthal's classische Bearbeitung des Gegenstandes eben eine praecisere Fragestellung und bessere Untersuchungsmethoden eingeführt worden sind. Rosenthal selbst freilich acceptirt diese Erklärung nicht. Jetzt wie damals erklärt er

[1] Gilchrist, nach Rosenthal in „Athembewegungen", S. 32.

[2] Ja, Eckhard, der früher nur von exspiratorischen Einflüssen berichtete, sagte (Experimentalphysiologie des Nervensystems, Giessen 1867), dass für ihn, als gleichzeitigen Anatomen, es selbstverständlich war, dass bei Reizung des Vagusstammes der Laryng. sup. mit eingeschlossen sein müsse.

Digitized by Google

die exspiratorischen Phaenomene durch Stromschleifen, trotz Versicherung der Autoren, dass sie sich dagegen vorgesehen haben. Er sagte damals:[1] „Fast alle Autoren geben ausdrücklich an, dass sie sich durch sorgfältige Isolation vor unipolaren Abgleichungen zu schützen gesucht haben. Dennoch muss ich bei meinem Ausspruche bleiben, da der Beweis für jene Angaben nirgends geliefert ist.“ In seinen neuen Studien[2] sagt er: „Manche Autoren erklären auch feierlichst, sie hätten diese Fehlerquellen sorgsam vermieden. Und doch bin ich davon durch das Studium ihrer Arbeiten nicht immer überzeugt worden, wenigstens habe ich den Beweis dafür nicht immer gefunden.“ — Seit Rosenthal dies drucken liess sind wiederum zehn Jahre verstrichen. Die neueren Autoren haben ebenso wie die älteren „feierlichst“ versichert, dass sie die Fehlerquellen sorgsam vermieden haben. Hat sich Rosenthal durch diese neueren Versicherungen besser überzeugen lassen? Es ist mir nicht bekannt, dass er sich inzwischen irgendwo darüber geäussert hatte.

So sehen wir auf der einen Seite die überwiegende Mehrzahl der Autoren die Ansicht vertreten, dass vom Vagus aus sowohl inspiratorische als auch exspiratorische Einflüsse durch elektrische Reizung erzielt werden und dass auch die exspiratorischen vom Vagus selbst und nicht von Miterregung des Laryng. sup. herrühren. Aber keiner der Autoren geht recht auf eine Erklärung dieser zwiefachen Erscheinungen ein und namentlich vermag keiner sichere Bedingungen anzugeben, wann inspiratorische und wann exspiratorische Wirkungen eintreten müssen. Auf der anderen Seite finden wir eine Hypothese, die den Widerspruch der Erscheinungen in einfacher und bestechender Weise erklärt, eine Hypothese, auf deren Grundlage bereits eine wichtige Entdeckung gemacht worden ist. Allerdings wird diese Hypothese fast nur noch von einem Forscher vertreten. Dürfen wir darum über diese Hypothese so ohne Weiteres hinweggehen? Wissenschaftliche Fragen werden nicht durch Majoritäten entschieden. Und wir dürfen nicht vergessen, dass dieser eine Forscher eben Rosenthal ist, der sich um die Erforschung der Athmungslehre mehr verdient gemacht hat als eine ganze Anzahl seiner Widersacher zusammen! Und wenn Rosenthal immer von Neuem versichert, dass die eingeschlagenen Methoden noch nicht ausreichend sind, um das Misstrauen zu zerstreuen, dass es sich doch um Stromschleifen handle, so ist es zum mindesten nicht überflüssig, sich nach anderen Methoden umzusehen, denen eine bessere Ueberzeugungskraft innewohnen wird.

§ 3. Als eine neue und brauchbare Methode, unsere Frage zu entscheiden, erschien mir folgende zu sein: eine andere, gut erkennbare

[1] „Athembewegungen“, S. 45.

[2] II. Artikel a. a. O., S. 61.

Digitized by Google

Function des Laryngeus superior als Reagens zu benutzen, um zu beurtheilen, ob bei gewissen Reizungen des Vagus der Laryng. sup. miterregt wird oder nicht. Eine solche Function ist in dem Schluckreflex gegeben, der mit grosser Promptheit durch Reizung des centripetalen Endes ausgelöst und leicht erkannt werden kann. Bekanntlich hatte schon Rosenthal[1] selbst bei seinen Laryngeus-Reizungen bemerkt, wie dabei der Kehlkopf heftig auf- und niederstieg; er hielt es aber für ein respiratorisches Phaenomen. Erst Bidder[2] und Blumberg[3] erkannten diese Excursionen des Kehlkopfes als Schluckbewegungen. Dies ist jetzt allgemein anerkannt, u. a. auch von Rosenthal selbst.[4] Man könnte also, während die Vagusreizung exspiratorische Einflüsse liefert, beobachten, ob gleichzeitig Schluckbewegungen ausgelöst werden. Anstatt blosser Beobachtung wäre es noch besser, die Kehlkopfexcursionen oberhalb der Athemcurve aufschreiben zu lassen. Es giebt indessen eine noch einfachere Combination für die graphische Darstellung der Schluck- und der Athembewegung. Ich meine die (nach dem Vorgange von Steiner[5]) sogenannte Schluckathmung. Bei jeder Schluckbewegung vollzieht nämlich auch das Zwerchfell eine rasche und kurze Excursion, die gewöhnlich nach unten gerichtet ist. Bei der graphischen Darstellung der Respiration, namentlich bei Benutzung von empfindlichen Phrenographen (Rosenthal'scher oder Kronecker-Marckwald'scher Vorrichtung) erscheinen die Schluckbewegungen als abgekürzte Inspirationen. Nur wenn die Athmung in der

---

[1] Athembewegungen, S. 70 u. a. m. a. O.

[2] F. Bidder, Beiträge zur Kenntniss der Wirkung des N. laryngeus. *Dies Archiv.* 1865.

[3] Blumberg, Untersuchungen über die Hemmungsfunktion des Nervus laryngeus superior. *Inaugur. Dissert. Dorpat* 1865.

[4] I. Rosenthal, *Bemerkungen über die Thätigkeit der automatischen Nervencentra.* Erlangen 1875.

[5] Steiner, Schluckcentrum und Athmungscentrum. *Dies Archiv.* 1883. (Obschon ich Hrn. I. Steiner's Anspruch auf Priorität (*Dies Archiv.* 1889, S. 368) formell zurückgewiesen habe, weil ich in der That mich zuerst über die Beziehungen des Schluckcentrums zum Athemcentrum geäussert habe, so will ich doch als einen Act der Gerechtigkeit hier mit Vergnügen hervorheben, dass speciell in Bezug auf die Lehre der Schluckathmung Hrn. Prof. Steiner ein grösseres Verdienst zukommt als mir, da er dem Gegenstande eine besondere, gediegene Untersuchung gewidmet hat, während ich in meiner Arbeit über die Irradiationen des Schluckcentrums wesentlich die Athemhemmung in Vordergrund gestellt habe, der Schluckathmung hingegen nur anhangsweise in einer längeren Bemerkung gedacht habe.) — Meltzer, Die Irradiationen des Schluckcentrums. Ebenda. — Knoll, *VII. Mittheilung, Wiener Sitzungsbericht.* 1887. — Marckwald, Ueber die Ausbreitung der Erregungscentra. *Zeitschr. f. Biol.* Bd. 25.

Digitized by Google

Inspiration stillsteht, erscheinen die Schluckmarken auf der Stillstandslinie umgekehrt, exspiratorisch gerichtet. (Vergl. Curven A. 7 und A. 10).

Man könnte also die Frage, ob die exspiratorischen Stillstände, die man bei Vagusreizungen gelegentlich sieht, von Stromschleifen zum Laryng. sup. herrühren oder nicht, einfach danach entscheiden, ob auf der Stillstandslinie Schluckmarken sich bemerkbar machen oder nicht. Zu diesem Behufe brauchte man eigentlich nur die von früheren Autoren abgebildeten exspiratorischen Stillstandscurven auf den beregten Punkt hin zu studiren. Indessen findet man in der Litteratur sehr wenige Stillstandscurven, die mit empfindlichen Phrenographen aufgenommen worden sind. Ich habe daher die hier aufgeworfene Frage durch eigene Untersuchungen aufzuklären gesucht.

§ 4. Bei der Untersuchung mussten vorerst zwei Einwendungen berücksichtigt werden. Erstens, ob die Schluckfasern im Laryng. sup. nicht schwerer erregbar sind als die Respirationsfasern. In diesem Falle würde die Abwesenheit von Schluckmarken in der exspiratorischeu Stillstandslinie nicht für die Abwesenheit von Stromschleifen beweisend sein. Denn die Stromschleifen könnten zwar noch stark genug sein, um die Respirationsfasern zu erregen, wären aber zu schwach für die Schluckfasern. Zweitens dürften wir vielleicht die Anwesenheit von Schluckmarken darum nicht für die Anwesenheit von Stromschleifen verwerthen, weil doch auch im Laryng. inf. und im Vagusstamme selbst Schluckfasern enthalten sind (Waller und Prévost, Steiner).

Auf die Untersuchungsmethode, die überhaupt einfach ist, werde ich später näher eingehen. Ich will nur bemerken, dass die beigegebenen Curven wesentlich aus anderen Gesichtspunkten, die später erörtert werden sollen, ausgewählt worden sind. Man wird aber mit Leichtigkeit auch unter diesen Curven solche herausfinden, welche die bald zu machenden Angaben genügend illustriren werden.

Meine bezüglichen Erfahrungen möchte ich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Bei der elektrischen Reizung des Vagus habe ich oft exspiratorische Stillstände gesehen, die durch keine Schluckmarken unterbrochen waren; die gleich darauf durch directe Miterregung des Laryng. sup. gewonnenen Curven unterscheiden sich deutlich von den ersteren durch die Anwesenheit von solchen Schluckmarken (vergl. die verschiedenen Curven in den Gruppen *H* und *J*, in letzteren namentlich 9 und 10).

Ich habe bei der Vagusreizung keinen exspiratorischen Stilltand getroffen, den ich auf Grund des hier angegebenen Prin-

Digitized by Google

cipes etwa als von einer Miterregung des Laryng. sup. herrührend ansehen konnte. Ich will ergänzend bemerken, dass ich mich auch durch die Inspection von der An- oder Abwesenheit von Schluckbewegungen stets überzeugte.

2. Die Schluckfasern des Laryng. sup. sind gerade so leicht erregbar wie die respiratorischen Fasern. Beim allmählichen Vorrücken der secundären Rolle habe ich die Schluckbewegungen fast stets gleichzeitig mit der Athembewegung auftreten sehen.

3. Die Schluckauslösungen durch Erregung des Vagusstammes kommen selten vor, und wenn sie vorkommen, dann sind sie sehr spärlich. Dass diese aber dem Vagus selbst angehören und nicht von Stromschleifen zum Laryng. sup. herrühren, dafür sprechen folgende Gründe: Erstens habe ich bei Reizung des Laryng. keine Stromstärke gefunden, die nur spärliche Auslösungen veranlassen konnte, — entweder gar keine Schlucke oder ganze Reihen. Dann aber kann man bei einem solchen Versuchsthiere, bei dem man Schluckauslösungen vom Vagus erhält, direct beweisen, dass auch der Vagus selbst an der Auslösung betheiligt ist, indem man zuerst den Vagus allein, dann Vagus und Laryngeus zusammen und schliesslich den Laryngeus allein reizt. Man wird dann constatiren, dass bei der Reizung von Vagus und Laryngeus zusammen man mehr Schlucke erzielt, als bei Reizung des letzteren allein. Ja, es wollte mir sogar scheinen, dass die Zahl der Schlucke bei der gleichzeitigen Reizung beider grösser wäre, als die Summe der Schlucke von jedem einzelnen Nerven allein. (Vergl. die Curven in der Gruppe *K*, namentlich die Curven 3—6.)

Meine Erfahrungen lehren also, dass die An- oder Abwesenheit von frequenten Schluckmarken bei Vagusreizungen ein hinreichendes Mittel ist zur Erkennung, ob der Laryng. sup. mitgereizt worden ist, und dass ferner bei allen meinen Reizungen des Vagus eine Miterregung des Laryng. sup. nicht stattgefunden hat.

II.

§ 5. Die Rosenthal'sche Hypothese enthält aber noch eine andere Voraussetzung, die, obschon noch gar nicht discutirt worden, dennoch nicht ohne Weiteres acceptirt werden darf. Rosenthal sagt, dass die reinen Vagusreizungen immer inspiratorische Stillstände bewirken, dass die exspiratorischen Stillstände von Miterregung des Laryng. sup. herrühren. Dies setzt die Annahme voraus, dass, wenn Vagus und Laryng. sup. zusammen gereizt werden, die Laryngeuswirkung überwiegen müsse. So oft man auch

Digitized by Google

die Vermuthung bestritten hat, dass Stromschleifen zum Laryngeus gelangen, so ist doch niemals die oben erwähnte Annahme von irgend einem Autor angefochten worden. Der Grund für diese auffällige Selbstverständlichkeit der Annahme liegt wohl in der Definition des Laryngeus als eines Hemmungsnerven. Rosenthal hat gleich bei seiner Entdeckung der Laryngeuswirkung diese in Parallele mit der Herzhemmung gesetzt: die Reizung des Laryngeus hemmt im Athmungscentrum die Impulse zur Inspiration, wie die Reizung des peripheren Vagus die Impulse zur Herzcontraction in den Herzganglien hemmt. Freilich handelte es sich damals bei der Herzhemmung nur um Unterdrückung von normalen Impulsen, während die gedachte Annahme voraussetzt, dass auch die durch Reizung des Vagus künstlich gesetzte Erregung der Inspiration durch eine gleichzeitige Reizung des Laryngeus gehemmt werden müsse. Indessen hatte die nachfolgende Zeit eine scheinbar genügende Unterstützung auch dieser Voraussetzung geliefert. Die Entdeckung der herzbeschleunigenden Nerven und der durch gründliche Untersuchungen gelieferte Nachweis, dass auch schwache Reizungen des Vagus die stärksten Erregungen des Accelerans verdecken, mussten den Eindruck bestärken, dass Hemmungsnerven alle Erregungsimpulse, gleichviel ob natürliche oder künstliche, unterdrücken. Ich werde später nachweisen, dass diese Erfahrungen nicht auf alle Hemmungsnerven angewendet, jedenfalls nicht ohne besondere Untersuchungen angewendet werden dürfen. Was für besondere Untersuchungen aber liegen in dieser Hinsicht von der Hemmungswirkung des Laryngeus vor? Ich glaube, ich kann die ganze darauf bezügliche Litteratur in wenigen Zeilen wiedergeben, indem ich Alles, was Rosenthal darüber berichtet, wörtlich citire. Nachdem Rosenthal[1] ausführt, dass der Laryngeus viel schwächere Ströme zu seiner Erregung braucht als der Vagus, und darum wären schon die schwachen Ströme einer unipolaren Abgleichung im Stande den Laryngeus zu erregen und eine Erschlaffung des Zwerchfells herbeizuführen, trotz der gleichzeitig vorhandenen Vagusreizung, fährt er fort: „Man kann sich von diesem Verhältniss sehr gut überzeugen, wenn man Vagus und Laryngeus derselben Seite praeparirt und nebeneinander auf dieselben Elektroden legt. Hier, wo beide Nerven genau mit denselben Strömen gereizt werden, erhält man bei mittelstarken Strömen stets Erschlaffung des Zwerchfells und erst bei Anwendung sehr starker Ströme kommt es vor, dass bald Erschlaffung, bald Contraction des Zwerchfells eintritt, je nachdem durch Verhältnisse, welche sich nicht immer genau ermitteln lassen, der eine oder der andere Nerv in seiner Wirkung überwiegt.“ Haben diese Verhältnisse etwa eine durchgehende Aehnlichkeit mit der absoluten Praevalenz der Herzhemmung?

[1] Athembewegungen, S. 132.

Digitized by Google

Wie? Starke Erregungen sollten nicht so sicher eine Hemmung herbeiführen wie die mittelstarken? Und warum hat Rosenthal nicht besonders hervorgehoben, dass er sich zuerst davon überzeugt hat, dass die erfolgreichen mittelstarken Ströme hinreichend waren den Vagus allein zu erregen? Der Gedanke liegt doch jedenfalls nahe, dass die mittelstarken Ströme nur ausreichten den leichter erregbaren Laryngeus zu reizen! Da sind bei Rosenthal noch andere Angaben vorhanden, die erklärungsbedürftig sind. So stellt er als Bedingung auf,[1] um constant eine Laryngeushemmung erzielen zu können, „dass keine Stromschleifen durch den Vagusstamm gehen.“ Warum, was würden sie schaden? Die Laryngeushemmung kann doch die Vaguswirkung unterdrücken!

Man sieht, dass die Annahme von der absoluten Praevalenz der Laryngeushemmung jedenfalls nicht genügend gestützt ist. Die Annahme verlangt aber um so mehr eine besondere Nachprüfung, als wir in Bezug auf andere, der Laryngeuswirkung gleichwerthige Athemhemmungen, entgegengesetze Angaben finden. Die Athemhemmungen durch Lungendehnung oder vom Trigeminus aus sind, nach den Versuchen von Gad[2] und Wegele,[3] sicherlich genuiner Natur. Und doch haben Hering und Breuer[4] gesehen, wie in einem gewissen Stadium der durch Lungenaufblasung herbeigeführten Athemhemmung die Vagusreizung eine Inspirationsbewegung hervorruft, und Knoll[5] fand, dass man während eines durch Erregung der Nasenschleimhaut hervorgerufenen exspiratorischen Athemstillstandes durch Vagusreizung eine träge aber kräftige Contraction des Zwerchfelles erzeugen kann. Hier sehen wir, wie genuine Athemhemmungen durch (von Vagusreizungen bewirkte) Inspirationsimpulse überwunden werden. Warum sollten wir bei der Laryngeushemmung ohne genügende Beweise das Entgegengesetzte annehmen?

§ 6. Die voranstehende Betrachtung veranlasste mich Interferenz-Versuche über Laryngeus superior und Vagus in ihren Beziehungen zur Athmung systematisch anzustellen. Die wesentliche Ausführung der Versuche geschah bereits im Jahre 1882 in der speciell-physiologischen Abtheilung

---

[1] Athembewegungen, S. 67.

[2] Gad, Ueber die genuine Natur reflektorischer Athembewegung. *Dies Archiv.* 1884. S. 566.

[3] Wegele, Ueber die centrale Natur der reflektorischen Athemhemmung. *Verhandl. d. Physik.-Med.-Gesell.* zu Würzburg N. F. Bd. XVII.

[4] Breuer, Die Selbststeuerung der Athmung durch den Vagus. *Wiener Sitzungsberichte.* 1868.

[5] Knoll, *Zweite Mittheilung. Wiener Sitzungsber.* 1882.

Digitized by Google

des Berliner Physiologischen Instituts, die damals unter der Leitung des Hrn. Professors H. Kronecker stand. Durch äussere Verhältnisse an der Veröffentlichung der gewonnenen Resultate verhindert, habe ich in der Zwischenzeit mehrfach Gelegenheit genommen, die Hauptresultate nochmals experimentell zu prüfen. Die beigegebenen Curven stammen indessen alle vom Berliner Institute her, weil bei den nachherigen Versuchen kein Phrenograph benutzt worden ist, sondern die Verbindung der Marey'schen Trommel entweder mit dem Oesophagus (Rosenthal, Luciani), oder direct mit dem hinteren Mediastinum [1] bewerkstelligt wurde, — Methoden, die bei Laryngeusreizungen sich für die graphische Darstellung nicht so gut eignen, wie die Benutzung eines Phrenographen.

Die Versuche sind an Kaninchen angestellt worden. Keines der Thiere war narkotisirt; alle athmeten durch Trachealcanülen; bei einigen war die Medulla oblongata oberhalb des Athmungscentrums, bei einigen anderen die Medulla spinalis in der Höhe des siebenten Halswirbels durchtrennt; bei zwei Thieren geschahen beide Durchtrennungen. Gereizt wurden: Vagus allein, Laryngeus sup. allein und dann beide gleichzeitig, und zwar entweder beide mit gleich oder mit verschieden starken Strömen, während immer jeden Nerv eine besondere Elektrode einschloss, um der Frage der Lagerung der Nerven innerhalb der Elektroden aus dem Wege zu gehen. Die gereizten Nerven waren immer durchtrennt: der Vagus am Halse so tief wie möglich. Gereizt wurden: einmal der linke, ein anderes Mal der rechte Vagus, selten aber beide Vagi zusammen. Dagegen wurden öfter beide Laryngei mit einem Vagus zusammen gereizt. Zur Reizung wurde meistens das mittlere du Bois-Reymond'sche Schlitten-Inductorium (5082 Windungen), mit einem Daniell bespannt, benutzt; gelegentlich auch das grössere Inductorium (etwa 10,000 Windungen). Zur Reizung wurde natürlich der du Bois-Reymond'sche Schlüssel benutzt und zur Lagerung der Nerven die Ludwig'schen Hartgummi-Elektroden. Für die graphische Darstellung wurde der Kronecker-Marckwald'sche Phrenograph benutzt. Eine nähere Beschreibung des letzteren findet sich bei Marckwald [2]. Es soll hier nur kurz bemerkt werden, dass die Excursionen des Zwerchfelles vermittelst eines Hebels direct auf die berusste Trommel übertragen werden, und nicht mittelst Marey'schen Tambours, wie bei Rosenthal's Phrenographen. Die Inspirationen sind nach oben gezeichnet, die Exspirationen

[1] Ich werde diese Methode an einer anderen Stelle (*„Journal of Physiology"*) näher beschreiben.

[2] Max Marckwald, Die Athembewegungen und deren Innervation beim Kaninchen. *Zeitschr. f. Biologie*, Bd. 23, S. 8.

Digitized by Google

nach unten. Von den Curven sind manche von rechts nach links zu lesen, manche in entgegengesetzter Richtung, je nach der Drehung des benutzten Myographion. Die Richtung ist übrigens bei jeder Curve angegeben. Die Curven sind in Gruppen eingetheilt, die mit Buchstaben bezeichnet sind. Jeder Buchstabe bedeutet ein Versuchsthier, die Zahlen der einzelnen Curven bedeuten die Reihenfolge, in welcher sie nach einander gewonnen wurden. Natürlich sind die hier beigegebenen Curven nur ein kleiner Bruchtheil der ganzen Zahl der erlangten Curven. — Bei der Reizung fing ich mit den minimalen Strömen an, um allmählich die maximalen aufzufinden. Ich habe aber bei meinen Versuchen meistentheils nur solche Erregungen in Betracht gezogen, die einen Stillstand der Athmung in der einen oder anderen Richtung bewirkten, nicht aber blosse Beschleunigungen, oder Verlangsamungen, oder Verkürzung der Respirationen in der einen oder anderen Richtung, deren Beurtheilung nicht immer eindeutig ist.

§ 7. Wenn ich die in der Litteratur vorhandenen gründlichen Interferenz-Untersuchungen zwischen den Herznerven mit meiner in Rede stehenden Untersuchung vergleichen wollte, so müsste zunächst ein auffallender Unterschied in den Bedingungen beider Untersuchungen in's Auge springen. Während wir die Constanz der Wirkung der Laryngeusreizungen noch einigermaassen mit der prompten Hemmungswirkung des Herzvagus in Parallele stellen dürfen, hält die Wirkung des Lungenvagus mit derjenigen des Accelerans keinen rechten Vergleich aus. Dieser wirkt auf's Herz nicht nur beim selben Thiere, sondern auch bei verschiedenen Thieren und bei allen wirksamen Reizstärken in fast völlig gleicher Weise, jedenfalls stets in gleichem Sinne: die Herzschläge verstärkend und beschleunigend; der Lungenvagus hingegen hat nach Angabe fast aller betheiligten Forscher keine constanten Reizwirkungen im Gefolge: bald inspiratorische, bald gar exspiratorische Effecte, — verhält sich also manchmal gar wie der mit ihm zu vergleichende antagonistische Nerv. Wie sollte man unter diesen Umständen systematische Interferenz-Versuche durchführen können? — Ich bin auf dieses Hinderniss gleich beim Beginn meiner Versuche deutlich genug aufmerksam gemacht worden, indem ich in den ersten Versuchen zufällig bei Vagusreizungen constant nur exspiratorische Stillstände erhalten habe. Der nächste Verlauf der Versuche indessen, namentlich aber der Ueberblick über mehrere Versuche belehrte mich bald, dass dieses Hinderniss nur ein scheinbares ist und das es wohl möglich war aus den Untersuchungen auf die von mir gestellte Frage eine klare Antwort zu erhalten.

Ein Paar Erfahrungen aus den alleinigen Vagusreizungen, deren ausführliche Darstellung später folgen soll, werden das Gesagte genügend illustriren.

Digitized by Google

Obschon der oberflächliche Anblick einer Sammlung verschiedener Vaguscurven in der That den Eindruck macht, dass bei Vagusreizungen die Athmung still steht in allen nur denkbaren Lagen,[1] die zwischen höchst möglicher Inspiration und der extremsten Exspiration vorkommt, so kann man doch in dieser Mannigfaltigkeit eine Constanz entdecken, welche eine genügende Basis für unsere Interferenz-Versuche abgiebt. Folgende Regel gilt: Wenn der Nerv nicht ermüdet ist, dann kann man bei demselben Versuchsthiere und bei derselben Reizstärke fast ausnahmlos immer die gleiche Reizwirkung — den gleichen Athmungsstillstand in der gleichen Lage — erzielen! Freilich ist die Aufgabe unter diesen Umständen eine schwere; es handelt sich nicht mehr um die Untersuchung einer einzigen Interferenz, sondern um mehrere Interferenzen, damit man das Verhalten der Laryngeuswirkung gegenüber den verschiedenen inspiratorischen Stillstandsformen der Vagusreizungen kennen lernt. Es ist bei diesem Verhalten des Vagus auch gar nicht möglich, eine gemachte Erfahrung absichtlich zu bestätigen; man kann eben vorher nicht wissen, in welcher Weise der Vagus beim betreffenden Thiere reagiren wird. Hat man indessen an einer grösseren Anzahl von Thieren experimentirt, so hat man schliesslich über jede mögliche Stillstandsform eine Anzahl von Erfahrungen gesammelt, welche hinreichend sind, eine gewisse Gesetzmässigkeit erkennen zu lassen.

Es wäre ferner noch zu erwähnen, dass, wie bereits Rosenthal angegeben hat, die Laryngeuswirkung stets bei viel schwächeren Strömen auftritt als die Vaguseffecte. Die Stromstärke, welche zur Erregung des Laryngeus resp. Vagus nöthig ist, variirt natürlich bei verschiedenen Thieren; das Verhältniss zwischen Laryngeus und Vagus scheint indessen stets ungefähr das Gleiche zu bleiben.

§ 8. Beim näheren Eingehen auf meine Resultate will ich vorweg ganz allgemein sagen, dass ich keinen einzigen Fall gesehen habe, bei dem ein inspiratorischer Vaguseffect durch die Hemmungswirkung des Laryngeus unterdrückt oder verdeckt werden konnte. Meine Erfahrung steht also in diametralem Gegensatze zu der Rosenthal'schen Annahme.

Im Einzelnen ist der Sachverhalt, wie er aus meinen Versuchen hervorgeht, folgender:

---

[1] Anmerkung. Die Ausdrücke „hoch" und „niedrig", die ich im Verlaufe der Darstellung gebrauchen werde, haben alle auf die graphische Darstellung der Athmung, auf die Athmungscurve Bezug. Eine hohe Inspiration wäre also eigentlich ein Tiefstand des Zwerchfells, und umgekehrt, eine tiefe Inspiration entspricht einem Hochstand des Zwerchfells.

Digitized by Google

1. Wenn die inspiratorische Vaguswirkung eine so starke ist, dass die Linie des inspiratorischen Stillstandes merklich höher verläuft als die normalen Inspirationen, so kommt die inspiratorische Wirkung des Laryngeus sup. bei der directen Mitreizung desselben in keiner Weise zum Vorschein; die V.-L.-Curve unterscheidet sich von der V.-Curve nur durch häufige Schluckmarken. Die Hemmungswirkung des Laryngeus wird also in diesem Falle durch die inspiratorische Wirkung des Vagus vollkommen verdeckt! —

Verschiedene Curven in der Gruppe *A* illustriren zur Genüge den voranstehenden Satz. Bei 400 RA. konnte man charakteristische L.-Wirkungen, aber noch keinen V.-Stillstand sehen. Dieser trat erst auf bei 350 RA., hielt sich aber sofort viel höher als die normale Inspiration. Man vergleiche nun die Curven 2 und 3 des V. allein, dann die Curve 7 von V. und L., darauf Curve 8 von L. allein und dann Curve 9 wiederum von V. und L. zusammen; alle waren bei RA. 350 erlangt worden. Man sieht in Curve 7 wohl die Schluckmarken des L., die hier exspiratorisch gerichtet sind, sehr deutlich, aber nicht den geringsten Einfluss einer Athemhemmung. Dass aber dies nicht von einer Ermüdung der Hemmungsfasern von L. herrührt, beweist die Curve 8: eine charakteristische Hemmungswirkung des L., die gleich nach Curve 7 gewonnen wurde. Gleich charakteristisch ist Curve 10 von L. und V. bei 300 RA., die Curve 15 von L. bei 200 RA. beweist hier wiederum das Intactsein der Hemmungsfasern des Laryngeus.

2. Wenn die inspiratorische Vaguswirkung nicht ganz so stark ist wie die vorhin erwähnte, wenn z. B. die Stillstandslinie in gleicher Höhe mit der normalen Inspiration, namentlich aber wenn die Linie gar in verschiedenen Lagen unterhalb des inspiratorischen Niveau's verläuft, da sieht man, dass durch die Miterregung des Laryngeus die Stillstandslinie ein wenig tiefer verläuft als die, welche durch die alleinige Reizung des Vagus gewonnen wird, und zwar ist die durch die Miterregung des Laryngeus bewirkte Differenz um so grösser, je tiefer die Vaguslinie selbst verläuft.

Der wesentliche Inhalt dieser Sätze wird durch die Curvengruppe *A* ausgezeichnet illustrirt. Der Laryngeus ist constant gereizt worden mit RA. 350 des kleinen Schlittens, während der Vagus mit RA. 250 des grossen Inductoriums gereizt worden ist. Wir sehen da an den verschiedenen Curven, wie einmal der eine Nerv, einmal der andere allein gereizt wurde, und dann beide zusammen, und zwar in abwechselnder Reihenfolge. Die Curven 4 und 6 zeigen deutlich, wie die durch Schluckmarken unterbrochene, von V. und L. gewonnene Linien niedriger verlaufen als die Linien V.

Digitized by Google

An diesen Curven kann man, nebenbei bemerkt, auch sehen, wie die Höhe der V. und L. Linie ein wenig auch durch die Respirationsphase beeinflusst wird, ob der Stillstand in der Inspirations- oder Exspirationsphase beginnt. Ferner fällt an diesen Curven der scharfe Unterschied auf zwischen dem langsamen Abstieg der L.-Linie nach Ausschaltung des Vagus und dem steilen Aufstieg der V.-Linie nach Ausschaltung des Laryngeus. Dies rührt wohl davon her, dass der L. nur eine kurzdauernde, während der Vagus eine länger dauernde Nachwirkung besitzt, und diese sich im Abstieg des L. allmählich abklingend bemerkbar macht, ein Punkt, auf den ich später noch ausführlicher zurückkomme.

Davon dass mit der abnehmenden Höhe der V.-Linie die durch Miterregung des L. entstehende Differenz ungefähr proportional zunimmt, habe ich mich durch Vergleiche einer grösseren Anzahl von Curven überzeugt, habe es aber unterlassen, die zur Illustration dieser Erscheinung nöthigen grösseren Curvenzahl hier zum Abdruck zu bringen.

Wir können also zusammenfassend sagen: bei Erregung beider Nerven kommt die Hemmungswirkung des Laryngeus um so weniger zur Geltung, je stärker inspiratorisch der Vaguseffect, und um so mehr, je geringer die inspiratorische Wirkung der alleinigen Vagusreizung ist. Da doch Vaguswirkungen in allen möglichen Lagen, die zwischen der höchsten Inspiration und der absoluten Exspiration möglich sind, vorkommen können, so ist es natürlich, dass wir in dem einem Extrem, bei der höchsten Inspiration, gar keine Laryngeuswirkung mehr sehen. Wir müssten demnach auch in der Nähe des anderen Extrems die alleinige Wirkung des Laryngeus constatiren können, d. h. wenn bei Vagusreizung die Stillstandslinie nur wenig oberhalb des exspiratorischen Niveau's verläuft, dann müsste bei der Miterregung des Laryngeus dessen Wirkung allein bemerkbar sein, die Linie müsste ganz exspiratorisch verlaufen. In der That kann man zwar diesen Erfolg hier und da wirklich bemerken, indessen nur sehr selten, und gewiss wohl nur darum, weil man auch bei der alleinigen Reizung des Laryngeus sehr selten die sogenannte Stillstandslinie im exspiratorischen Niveau sehen kann; vielmehr verläuft diese durch die Schluckmarken unterbrochene Linie meistens mehr oder weniger oberhalb des exspiratorischen Niveau, offenbar eben in Folge dieser Schluckmarken. [1]

[1] Wenn die Schluckmarken sich sehr häufig folgen, so scheint das Zwerchfell zwischen den Schlucken nicht vollständig zu erschlaffen. Diese Erscheinung erklärt es wohl, warum manche Autoren (Paul Bert, François Franck, Anrep u. Cybulski) bei Laryngeusreizung inspiratorische Erfolge gesehen haben wollen.

Digitized by Google

§ 9. In Bezug auf den oben aufgestellten Satz, dass bei der sehr starken inspiratorischen Wirkung des Vagus die Laryngeuswirkung gar nicht zur Geltung kommt, muss ich auf zwei vereinzelte scheinbare Ausnahmen aufmerksam machen. Es sind dies die Curven 5 und 6 in der Gruppe *A* und 8 und 9 in der Gruppe *B*. Bei beiden fing die ausschlaggebende Wirksamkeit des Vagus bei 350 RA. an. Und dennoch sieht man in 5 *A* resp. in 8 *B* bei der allerersten Reizung beider Nerven zusammen mit 350 RA., dass die Laryngeuswirkung allein erscheint. Weniger alleinherrschend erscheint der Laryngeus in der darauffolgenden nächsten Reizung (6 *A* resp. 9 *B*). In der dritten Reizung (7 *A* resp. 10 *B*) kommt schliesslich die inspiratorische Alleinherrschaft[1] zur Geltung, um sich von nun an stets zu behaupten. Diese beiden vorübergehenden Ausnahmen sind die einzigen in den Hunderten von Reizungen, die ich durchgeführt habe. Mir scheint folgende Erklärung die richtige zu sein: Die beiden Nerven lagen zwar in besonderen Elektroden, diese wurden aber mit einander so verbunden, dass derselbe Strom durch beide Nerven ging. Es war somit durch Miterregung des Laryngeus ein grösserer Widerstand eingeschaltet, wodurch der Vagus wohl nicht ganz mit derselben Stärke gereizt worden ist, wie bei seiner vorherigen alleinigen Reizung, obschon der Rollenabstand unverändert blieb. Dieser Unterschied verlor jedoch bald dadurch an Bedeutung, weil, wie ich öfters bemerkt habe, der Vagus nach einigen nicht ermüdenden Reizungen etwas empfindlicher wird und man mit etwas schwächeren Strömen schon das erreichen kann, wozu man vorher etwas stärkere Ströme nöthig hatte. Man vergleiche in Gruppe *B* die Curve 14 mit Curve 4. Hier sieht man bei 400 RA. noch gar keinen rechten Stillstand, während in Curve 14 bei diesem RA. eine solche Wirkung vorkommt, wie man sie vorher nur bei 350 RA. gesehen hat.

Ich will noch kurz erwähnen, dass die oben dargelegten Verhältnisse, die bei den gleichzeitigen Reizungen beider Nerven obwalten, durch Verstärkung der Reizung sei es eines, sei es beider Nerven nicht wesentlich beeinflusst werden, abgesehen natürlich von jenen durch Reizverstärkung eintretenden Veränderungen, die bei der alleinigen Reizung des Vagus vorkommen und die auch bei der Interferenz-Reizung sich manifestirten.

Die Verhältnisse ändern sich auch nicht, wenn anstatt des einen Laryngeus mit einem Vagus beide Laryngei mit einem Vagus, oder beide Vagi mit einem Laryngeus gereizt werden. Dies gilt nur in Bezug auf das Verhältniss der Athemhemmung zur inspiratorischen Wirkung des Vagus.

---

[1] In B. nicht ganz so vollständig — als Illustration zum oben ausgesprochenen Satze 2.

Digitized by Google

In Bezug auf die active Exspiration geschieht es manchmal, dass bei Miterregung beider Laryngei die active Exspiration relativ früh auftritt, und wenn die inspiratorische Vaguswirkung stark ausgesprochen ist, so kommt es manchmal, wie es scheint, zu einem Kampf beider Muskelgruppen, der aber nicht zu einem Compromisse, zu einem scheinbaren Stillstand in Mittelstellung führt, sondern zu einem beständigen Abwechseln im absoluten Ueberwiegen der einen Muskelgruppe über die andere, mit nur ganz kurzen Pausen in der Mittelstellung. (Vergl. Curve 18 in Gruppe *B*).

§ 10. Unsere Interferenz-Versuche haben nun zunächst das specielle Ergebniss geliefert, dass die stillschweigend allgemein acceptirte, oder wenigstens nicht widersprochene Annahme, dass bei gleichzeitiger Erregung von Laryngeus und Vagus die Hemmung des Laryngeus die etwaige inspiratorische Wirkung des Vagus vollständig unterdrücken müsse, ganz unrichtig ist. Dann haben aber die Ergebnisse noch folgende allgemeine Bedeutung. Die hemmende Wirkung des Laryngeus ist eine genuine, d. h. Impulse zur Athmung werden in dem bezüglichen Centralorgan unterdrückt — ganz wie die Impulse zu den Herzcontractionen durch die bezüglichen Hemmungsfasern des Vagus unterdrückt werden. Dementsprechend sind auch die Inspirationsfasern des Vagus den Acceleransnerven gleichzustellen. Für das Verhältniss beiderlei Herznerven zu einander hat namentlich Baxt den Satz aufgestellt und begründet, dass die schwächste Erregung des Vagus ausreicht, um die stärkste Erregung des Accelerans vollkommen zu verdecken. Es scheint, dass dadurch der Gedanke sich allgemein stillschweigend eingebürgert hat, dass alle Hemmungen ihre antagonistischen Erregungen vollständig unterdrücken können. Wir haben hier das umgekehrte Ergebniss gefunden, dass starke inspiratorische Wirkungen (was nicht zu verwechseln ist mit starken Reizungen) die Athemhemmung des Laryngeus vollkommen unterdrücken — eine Hemmung von antagonistischer Erregung vollkommen verdeckt! Dann hat Baxt bei den Herznerven darauf hingewiesen, das es sich im Verhalten beider Nerven zu einander nicht um einfache Antagonisten, nicht um eine algebraische Summe handeln könne, weil die Reizung beider Nerven keine Differenz ergebe. Bei unserer Interferenz haben wir dagegen doch gefunden, dass, wenn die Vagusfasern für sich selbst nicht zu stark inspiratorisch wirken, die Reizungen beider alsdann in der That eine Differenz liefern, eine Mittelstellung, ein Compromiss zwischen beiderlei Wirkungen, welche sich demnach in der That algebraisch summiren müssen, obschon bei der starken Inspirationswirkung des Vagus auch hier keine Differenz, sondern nur ein absolutes Ueberwiegen der einen Nervenart über die andere zu beobachten ist.

Digitized by Google

III.

§ 11. Die Hypothese, dass die exspiratorischen Stillstände, welche so viele Untersucher bei Vagusreizungen mehr oder weniger häufig gesehen haben, nur durch Stromschleifen oder unipolare Abgleichungen zum Laryng. sup. zu Stande kamen, darf wohl nunmehr als genügend widerlegt angesehen werden. Wir haben zunächst darauf hingewiesen, dass der Schluckreflex als Criterium dienen kann, ob der Laryng. sup. erregt worden ist, und fanden bei der eigenen Untersuchung, dass während der exspiratorischen, vom Vagus aus erzielten Stillstände keine Schluckreflexe auftraten, der Laryngeus also nicht miterregt wurde. Dann haben wir aber auch nachgewiesen, dass die Grundvoraussetzung der Hypothese unzutreffend ist, nämlich, dass die Miterregung des Laryngeus durchaus nicht im Stande ist, ausgesprochen inspiratorische Effecte des Vagus in exspiratorische zu verwandeln. Die exspiratorischen Stillstände gehören also dem Vagus selbst an — wenn sie bei seiner Reizung wirklich vorkommen. Dass Letzteres der Fall, darüber habe ich mich bereits oben ausgesprochen, nämlich: dass in den letzten 30 Jahren diese exspiratorischen Stillstände thatsächlich von allen Untersuchern beobachtet worden sind, mit Ausnahme von Rosenthal allein, der in seinen „Neuen Studien" angiebt, niemals bei Vagusreizungen wirklichen Athmungsstillstand in der Exspiration gesehen zu haben. Auf diese Angaben Rosenthal's möchte ich hier noch mit einigen Worten näher eingehen.

Im zweiten Artikel seiner „Neuen Studien"[1] giebt Rosenthal an, dass bei mittelstarker (200 RA., kleiner Schlitten,) Reizung des Vagus das Zwerchfell in der Inspirationsstellung stillstehen bleibt (S. 45): „Ein solcher Stillstand findet, wie ich schon oft hervorgehoben habe, stets mit einem schwächeren Contractionsstand des Zwerchfells statt, als der in jeder einzelnen Inspirationsbewegung vor der Reizung erreichte." Die Wirkung starker Reizungen (100 RA.) schildert er (S. 48) wie folgt: „Es kommt meist zu keinem Stillstande des Zwerchfells, sondern seine Bewegungen sind unregelmässig; starke Contractionen wechseln mit schwachen, dazwischen kommen kurze Stillstände, meist im Zustande der Contraction, selten in dem der Erschlaffung." Rosenthal fragt nun (S. 56); „Woran liegt es, dass mir meine wiederholten Versuche, auch einmal eine Zwerchfellerschlaffung auf Vagusreizung folgen zu sehen, so wenig Erfolg gegeben haben? Sind meine Kaninchen denn anders beschaffen gewesen, als die aller derer, die glücklicher waren als ich?" — Als Antwort auf diese Frage dürften sich einige Stellen aus dem Rosenthal'schen Buche „Die Athembewegungen u. s. w." am besten eignen:

[1] A. a. O.

Digitized by Google

S. 41. „. . . dass, so leicht es ist, Contractionen des Zwerchfells zu erhalten, man manchmal trotz aller Bemühungen nicht im Stande ist, unzweifelhafte Erschlaffung zu sehen, während dies andere Male bei verhältnissmässig schwachen Strömen gelingt."

S. 42. „Schiff's Ansicht, dass die Erschlaffung der Athemmuskeln nur durch Ermüdung bedingt sei, erledigt sich von selbst, indem man in einzelnen Fällen mit der grössten Bestimmtheit unmittelbar im Beginn der Reizung das Zwerchfell erschlaffen und während der ganzen Dauer der Reizung erschlafft bleiben sieht."

S. 132. „So gelingt es zuweilen sehr leicht und bei verhältnissmässig schwachen Strömen Erschlaffung des Zwerchfells zu erzielen, während in anderen Fällen selbst die mächtigsten Ströme Contraction des Zwerchfells bewirken."

S. 140. „Versuch . . . . Bei schwacher Reizung Vermehrung der Respirationsfrequenz, bei stärkerer Stillstand in Inspirationsstellung, bei übereinander geschobenen Rollen Stillstand in Exspirationsstellung."

Dies wird wohl genügen, zu beweisen, dass Rosenthal selbst in seinen ersten sehr zahlreichen Versuchen völlige Erschlaffung des Zwerchfells in der Exspirationsstellung oft genug, und zwar sowohl bei schwachen als bei starken Strömen gesehen hat. Warum er bei den Wiederholungen der Versuche diese Stillstände nicht mehr gesehen hat, ist nicht leicht zu erklären; indessen kann doch dieses negative Resultat nicht die ersten positiven Angaben aus der Welt schaffen. Darum glaubte ich, Rosenthal selbst zu denjenigen zählen zu dürfen, die bei Vagusreizungen manchmal Athmungsstillstände in der Exspirationsstellung gesehen habe.

Ich will noch auf einen anderen Widerspruch zwischen Rosenthal's „Neuen Studien" und seinen älteren Angaben aufmerksam machen. Während er, wie oben citirt wurde, in den „Neuen Studien" vom Inspirationsstillstande, der bei Vagusreizung eintritt, aussagt, dass derselbe stets mit einem schwächeren Contractionszustande als in der normalen Inspiration einhergeht, giebt er in seinem bekannten Buche ganz andere Verhältnisse an. Da heisst es auf S. 136: „Der Grad der Contractionen, welche durch Reizung eines Vagus erzielt werden, ist sehr verschieden. Man sieht alle möglichen Stufen von der grösstmöglichsten Contraction, deren die Muskelbündel des Zwerchfells fähig sind, wo das Zwerchfell nur noch ganz schwach nach oben gewölbt ist und fast als ebene Scheidewand die Brust- und Bauchhöhle von einander trennt, bis zu der schwächsten, wo es eben nur

Digitized by Google

um ein Minimum von der Lage der Erschlaffung, wie sie der tiefsten Exspiration zukommt, abweicht." Der bewirkte Stillstand ist also nicht stets mit einer geringen Contraction verbunden; diese ist vielmehr manchmal auch die „grösstmögliche". Uebrigens kann man auch in den „Neuen Studien" Curven finden, welche nicht die neuen, sondern die alten Angaben bestätigen, worauf bereits Gad[1] hingewiesen hat.

Wenn man zu der eben erwähnten Rosenthal'schen älteren Beschreibung der Resultate der Vagusreizung noch hinzufügt, dass auch das letzte Minimum von Contraction manchmal abwesend ist, so kann man diese Darstellung als die Ansicht hinstellen, welche nunmehr alle Autoren (nach der oberen Beweisführung Rosenthal nicht ausgenommen) theilen: man sieht bei Vagusreizung alle Phasen, die zwischen der tiefsten Inspiration und der höchsten Exspiration möglich sind. Das ist aber auch Alles. Niemand kann mit Sicherheit angeben, wann die eine oder die andere Wirkungsform zu erwarten wäre. Das Hauptbestreben der meisten Untersucher war eben zunächst darauf gerichtet, nachzuweisen, dass Exspirationsstillstände bei der Vagusreizung vorkommen können. Damit war die Aufgabe für's erste gelöst. Und dann hat die Scheu vor Stromschleifen das Untersuchungsgebiet eingeschränkt. Es ist eine interessante Thatsache, die hervorgehoben zu werden verdient, dass nämlich in den letzten 30 Jahren gar keine Untersuchung sich mit starken Strömen befasst hat, während vor Rosenthal's Eintreten recht oft mit starken Strömen gereizt worden ist. Ja, die meisten neuen Autoren fühlten sich oft genug veranlasst zu versichern, dass sie keine Ströme gebraucht haben, bei denen Stromschleifen vorkommen könnten.

§ 12. Indem bis jetzt mein Bestreben gewesen ist, einige Beziehungen des Laryngeus zum Vagus klar zu stellen, wodurch der Nachweis geliefert wurde, dass die bei Vagusreizungen vorkommenden exspiratorischen Effecte dem Vagus selbst gehören, will ich jetzt versuchen, die grosse Zahl der vorhandenen Untersuchungen über elektrische Vagusreizungen durch einen Bericht über meine eigenen Erfahrungen um ein Geringes zu vergrössern.

Dass auch ich alle möglichen Respirationsphasen als Wirkungen von Vagusreizungen gesehen habe, ist schon oben erwähnt worden, und will ich mich bei dieser Allgemeinheit nicht weiter aufhalten. Es soll vielmehr mein Bestreben sein, jene Verhältnisse herauszusuchen, die mir in meiner Untersuchungsreihe als die festen Punkte im wogenden Bilde entgegentraten:

---

[2] Gad, Die Abhängigkeit der Athemanstrengung von dem Nervus vagus. *Dies Archiv.* 1881.

Digitized by Google

a) Als einen solchen Punkt will ich die bereits früher gemachte Angabe hinstellen, dass nämlich bei demselben Thiere dieselbe Reizstärke, wenn der Nerv nicht ermüdet ist, stets annähernd den gleichen Reizerfolg hervorbringt. Es verdient dies um so mehr hervorgehoben zu werden, als man aus den Angaben mancher Autoren, die hierbei von der Unzuverlässigkeit der elektrischen Reizung sprechen, das Entgegengesetzte herauslesen könnte. Unter den Tausenden von Einzelversuchen, die ich ausgeführt habe, ist mir nur eine einzige Ausnahme von der aufgestellten Regel begegnet: ein inspiratorischer Erfolg schlug bei der nächsten gleich starken Reizung in einen exspiratorischen um. Beim Nachsuchen nach einer möglichen Ursache fand sich allerdings, dass der du Bois-Reymond'sche Schlüssel etwas lose war. Nach Abhülfe des Uebelstandes und einer mässigen Ruhepause, trat der inspiratorische Effect wieder ein. Dieser Zwischenfall schien in die Angabe Burkart's hineinzugehören, dass die Ermüdung des Nerven den exspiratorischen Erfolg begünstige. Ich habe beim absichtlichen Herstellen dieses Versuchsfehlers indessen niemals einen solchen Umschlag erzielen können. — Mag es nun auch sein, dass gewisse noch ungekannte Bedingungen vorkommen können, die auch bei derselben Reizstärke einen Umschlag der einen in die andere Respirationsphase begünstigen; solche Bedingungen scheinen indessen nach meinen Erfahrungen sehr selten zu sein und gehören nicht zu den normalen Vorkommnissen, für welche die Regel gelten darf, dass gleiche Reizstärken gleiche Effecte erzielen. Natürlich darf nur von annähernder Gleichheit der Effecte gesprochen werden; bei der nur auf gröbere Resultate berechneten Versuchsmethode darf man ohnehin feinere Differenzen nicht berücksichtigen.

b) Die Effecte ändern sich nicht gerade proportional mit der Reizstärke, vielmehr kann man einen annähernd gleichen Effect bei einer relativ umfangreichen Scala von Reizstärken erzielen. Man kann z. B. oft die Ströme um Grössen, welche fast 100 cm Rollenverschiebung entsprechen, verändern, bevor der Effect beträchtlich geändert wird. Dagegen scheint es, dass bei jedem Thiere in der Scala der Reizstärken es gewisse Regionen giebt, wo kleine Veränderungen in der Stärke sehr wesentlichen Wechsel in den Wirkungen hervorbringen. Bei der späteren detaillirten Schilderung werde ich diese Angaben durch Beispiele und Curven illustriren können.

c) Die Reizerfolge sind demnach bei demselben Thiere durchaus nicht schwankender, regelloser Natur. Wenn man einmal den Vagus eines Thieres mit verschiedenen Stromstärken gereizt hat, so erlangt man für dieses Thier eine Reihenfolge von Resultaten, die für das betreffende Thier als Norm, als Typus gelten kann. Die grossen Schwankungen in den Ergeb-

Digitized by Google

nissen rühren vielmehr von der Ungleichheit der Reizerfolge bei verschiedenen Thieren her. Jedes Thier hat in Bezug auf die Wirkung von Vagusreizungen seine eigene Norm. Also ein wesentlicher Theil der Verschiedenheit in den Ergebnissen der Vagusreizungen rührt von der Verschiedenheit der Individualität der gereizten Thiere.

d) Da ich auf Grund meiner Erfahrungen keine Ursache mehr hatte, den unsichtbaren Geist der Stromschleifen zu scheuen, so habe ich die Wirkungen von starken Strömen systematisch untersucht und bin zur Ansicht gelangt, dass mit starken Strömen bei allen Thieren ein exspiratorischer Effect zu erzielen ist. Wie stark diese Ströme sein müssen — dies variirt bei verschiedenen Thieren. Bei manchen Individuen muss man in der That, wie es Rosenthal in seinem oben citirten Versuche gethan hat, erst die Rollen ganz übereinander schieben, bevor man einen exspiratorischen Stillstand sehen kann; bei manchen Thieren jedoch erzielt man diesen Erfolg bereits bei 100 RA. oder bei noch schwächeren Strömen. Der Stillstand, den man bei starken Reizungen erzielt, unterscheidet sich von den exspiratorischen Ruhestellungen, die man durch schwache Reizung bei manchen Individuen bewirkt, in charakteristischer Weise, die ich in den nächsten Kapiteln näher darlegen werde. Diese exspiratorischen Wirkungen starker Ströme sind von manchen Autoren der Vor-Rosenthal'schen Periode, namentlich von Aubert und Tscheschwitz deutlich hervorgehoben worden. Aber seit Rosenthal's Eintreten hat man eben, wie ich schon oben ausgeführt habe, starke Ströme absichtlich gemieden.

Vor mehreren Jahren hatte ich eine Mittheilung gemacht, dahingehend, dass ich inspiratorische Stillstände vornehmlich bei männlichen Kaninchen und die exspiratorischen bei weiblichen gefunden habe.[1] Seit der Zeit habe ich auch bei zweien weiblichen Thieren starke inspiratorische Effecte erzielen können. Freilich ging es mir bis jetzt noch immer der Art, dass, wenn ich exspiratorische Stillstände bei schwacher Reizung sehen wollte, ich bei weiblichen Thieren nicht lange herumzusuchen brauchte. Es könnte aber trotzdem nur Zufall sein, und ich werde es selbstverständlich aufgeben, das Geschlecht als Unterscheidungsmerkmal zwischen in- und exspiratorischen Einflüssen bei Vagusreizungen hinzustellen. Ich habe es auch in meiner damaligen Notiz nicht gethan; ich habe nur über meine Erfahrung berichtet und dadurch anregen wollen, dass man bei solchen Versuchen auch das Geschlecht notiren soll.

§ 13. Die Mannigfaltigkeit der Reizerfolge beruht also wesentlich auf der individuellen Verschiedenheit der Versuchsthiere. Jedes

[1] Meltzer, Vagus und Geschlecht. *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1882.

Digitized by Google

Thier stellt für sich gewissermassen einen Typus dar. Bei einer systematischen Sichtung aller meiner Versuche zeigte es sich indessen, dass all die verschiedenen Typen sich ungezwungen in drei Gruppen classificiren lassen, so dass den Individuen jeder Gruppe gewisse gemeinsame Merkmale zukommen. Ich werde deshalb diese Eintheilung als Basis für die detaillirte Beschreibung meiner Versuchsergebnisse benutzen.

In die erste Gruppe finden alle jene Versuchsthiere Aufnahme, bei denen Vagusreizungen mit schwachen und mittelstarken Strömen[1] ausgesprochene inspiratorische Effecte bewirken. Die bewirkten inspiratorischen Stillstände verlaufen (in der graphischen Darstellung) entweder höher als die Maxima der Inspirationscurven, oder gerade in gleicher Höhe mit den normalen Inspirationen, oder endlich ein wenig tiefer als dieselben. Der erste unzweideutige Effect einer wirksamen Reizung ist bei den Thieren dieser Gruppe stets ein inspiratorischer. Bei noch so vorsichtiger Abstufung der Vagusreizungen ist es mir bei diesen Thieren nie gelungen, durch eine schwache Reizung einen exspiratorischen Effect zu erzielen. Ferner ist der bei dieser Gruppe zuerst auftretende inspiratorische Effect zugleich auch der beim betreffenden Thiere höchstmögliche; Verstärkung der Reizung bringt in dieser Classe niemals eine Vertiefung der Einathmung hervor. Wir finden da vielmehr, dass eine fernere Verstärkung der Reizung bald ein allmähliches Herabsinken der Inspirationshöhe veranlasst, was übrigens nur mit dem später zu besprechenden Effect der starken Reizung zusammenhängt. Beispiele für diese Classe sind die Curvengruppen *A*, *B* u. *P*. Die ersten beiden Gruppen sind allerdings wesentlich mit Rücksicht auf die Interferenz-Versuche zusammengestellt. Man kann aber schon da sehen, dass die Curven A_2 und B_7 die höchsten inspiratorischen Effecte derstellen, die in jeder betreffenden Gruppe vorkommen; diese resp. Curven waren die ersten Stillstände, welche man bei allmählich stärker werdenden Reizungen des Vagus beobachten konnte. Exspiratorische Effecte waren gar keine zu sehen. Die Höhe blieb ungefähr die gleiche bis etwa 225 resp. 200 RA.; man kann dies schon aus den Interferenzcurven B_{17} ersehen. (Vergl. das vorangehende Kapitel sub b.). Die Curve B_{14}, welche das nachträgliche Wirksamwerden von 400 RA. zeigt (vergl. § 9), hat eine solche Höhe, wie die Curven, welche durch 350 RA. gewonnen worden sind. In der Gruppe *P* verlaufen die Curven, welche vom linken Vagus gewonnen worden sind, etwa im Niveau der normalen Inspiration. Curve 3 erinnert an das nachträgliche Wirksamwerden von subminimalen Strömen, wie wir sie eben

[1] Von so starken Strömen, die bei allen Thieren exspiratorische Wirkungen ergeben, ist natürlich bei dieser Classeneintheilung nicht die Rede.

Digitized by Google

vorhin durch die Curve B_{14} illustrirt sahen. Bis 175 RA. bleibt die Stillstandshöhe die gleiche. Curve P_{10} ist vom rechten Vagus gewonnen, der höhere inspiratorische Effecte lieferte als der linke. Auch bei diesem Thiere konnte man bis zu den starken Strömen keine exspiratorischen Effecte bemerken.

Die bedeutende Inspirationshöhe, welche man in den Gruppen *A* und *B* erblickt, muss sofort den Verdacht erwecken, dass sie möglicherweise durch Stromschleifen oder unipolare Abgleichungen zum Phrenicus entstanden ist. In der That muss man an diese Möglichkeit bei allen durch Vagusreizungen bewirkten starken Tetanuszuständen des Zwerchfells denken, worauf meines Wissens zuerst J. Gad[1] aufmerksam gemacht hat. Bei seinen Versuchen hat Gad, vermittelst des stromprüfenden Praeparates, sich von der Abwesenheit der genannten Versuchsfehler speciell überzeugt. Ich habe eine solche Controle nicht vorgenommen. Indessen bin ich überzeugt, dass auch meine Reizresultate vom Vagus selbst herrühren, und zwar aus folgenden Gründen: Erstens sieht man dieselbe Inspirationshöhe nach Aufhören der Reizung eine geraume Zeit fortdauern; diese Nachwirkung kann doch unmöglich von einer Phrenicusreizung herrühren. (Vergl. Curve A_3: bei × hört die Reizung auf und doch dauert der Stillstand auf derselben Höhe geraume Zeit fort). Zweitens sieht man diese Höhe durch Verstärkung der Reizung allmählich bis zum Exspirationsniveau herabsteigen, und zwar auch nach Ausschaltung der Exspiratoren; die Inspiration wird also gehemmt. Eine durch Phrenicusreizung bewirkte Contraction könnte doch nicht gehemmt werden! — Dann kommen ähnliche starke Inspirationshöhen auch in Nachwirkungen vor, die nach starken, Exspiration bewirkenden Strömen auftreten. (Vergl. Gruppe *N*). Endlich wäre es zu verwundern, dass man diese heimtückischen unipolaren Abgleichungen nur bei einigen Thieren sehen soll, und zwar bei relativ schwachen Strömen, während man sie bei vielen anderen Thieren durch viel stärkere Reizungen niemals bewirken kann.

Für die bei Beginn einer Reizung für sehr kurze Zeit auftretenden sehr hohen Spitzen habe ich allerdings keinen Beweis, ob sie doch nicht durch Zuckungen des Zwerchfells, in Folge vorübergehender Miterregung des Phrenicus, zu Stande kommen. Darum habe ich diese kurzen Contractionen gar nicht in den Bereich meiner Betrachtung gezogen.

§. 14 Als eine zweite Gruppe möchte ich alle diejenigen Thiere zusammenfassen, bei denen schwache und mittelstarke Reizungen des Vagus nur reine exspiratorische Stillstände bewirken. Diese Still-

[1] *Dies Archiv.* 1881. S. 548.

Digitized by Google

stände sehen ganz genau aus wie die vom Laryngeus sup. bewirkten, nur haben sie gar keine oder nur spärliche Schluckmarken. Von den exspiratorischen Stillständen der starken Reizungen unterscheiden sie sich durch die verschiedene Nachwirkungsweise, wovon später mehr. — Man findet in dieser Gruppe Thiere, bei denen man bereits bei 400 RA. einen exspiratorischen Stillstand auftreten sieht, der im Character gleich bleibt bis etwa 120 RA., bei welcher Stärke die charakteristische Wirkung der starken Ströme erscheint. Daneben sind auch Thiere vorhanden, bei denen die erste Wirkung nur bei starken Strömen zu constatiren ist, um bald auch die Wirkung der starken Ströme zu zeigen. Die Gruppen *J* und *N* charakterisiren beiderlei Fälle. In J_6 sehen wir eine Curve, die bei 400 RA. gewonnen wurde; diese Curve ist hinsichtlich des exspiratorischen Charakters gar nicht zu unterscheiden von den Curven J_8 und J_9, die bei 120 resp. 150 RA. gewonnen worden sind. In der Gruppe *N* sehen wir in Curve 2 bei 300 RA. einen exspiratorischen Einfluss, aber keinen Stillstand, nur eine bedeutende Verkürzung der Inspirationen; den ersten richtigen Stillstand sehen wir in Curve 3 bei 350 RA. Dieser erinnert aber schon an den nachfolgenden Stillstand durch starke Reizungen. Freilich sehen wir auch bei demselben Thiere, dass vom rechten Vagus aus bereits bei 400 RA. ein wahrer exspiratorischer Stillstand erzielt werden konnte. Der Grund hierfür mag vielleicht in der Verschiedenheit der Erregbarkeit beider Vagi zu suchen sein, mag aber vielleicht auch darauf beruhen, dass bei Reizung des rechten Vagus beide Vagi durchtrennt waren, wodurch die Athmung bedeutend verlangsamt wurde, was, wie mir oft schien, die Auslösung der exspiratorischen Stillstände erleichtert.

Als dritte Classe können wir schliesslich alle diejenigen Thiere zusammenfassen, bei denen schwache Ströme exspiratorische Stillstände erscheinen liessen, mittelstarke Reizungen hingegen stets inspiratorische Stillstände in Mittelstellungen bewirkten. Zwischen den schwachen und mittelstarken Strömen walteten folgende Beziehungen: bei enger Reizscala der schwachen Ströme waren die Mittelstellungen der mittelstarken Ströme stets höher gelegen; bei breiter Scala waren die Mittelstellungen niedrig und die Scala der mittelstarken Ströme eng, dafür aber war die Scala der schwachen Ströme um so weiter.

Die Gruppen *H* und *R* illustriren unsere dritte Classe. In *H* sind die Curven 1 bis 6 vom linken Vagus entnommen, während der rechte noch undurchtrennt war. Der erste ausgesprochene Stillstand stellte sich erst bei 300 RA. ein; bei 250 und namentlich bei 200 und 160 erhob sich die Stillstandslinie immer höher und höher, um bei 100 RA. wieder auf das exspiratorische Niveau herunterzusinken, aber in der Form, wie man sie bei den starken Reizungen findet. Die Curven von 7 ab sind von dem

Digitized by Google

nunmehr durchtrennten rechten Vagus gewonnen worden; der exspiratorische Stillstand ist bereits bei 400 RA. erzielt worden, von dem inspiratorischen Einflusse sieht man nur eine Andeutung in den Curven 11 und 12 bei 175 resp. 250 RA. Alle Curven machen eher den Eindruck, als wären sie von einem Thiere der zweiten Classe gewonnen worden. — In der Gruppe *R* sehen wir bei 260 und 240 RA. (Curven 2 und 3) ausgesprochene exspiratorische Effecte, darauf von 220 bis 160 immer deutlichere inspiratorische Wirkung, um bei noch stärkeren Reizungen wiederum exspiratorisch abzusteigen.

§ 15. Die exspiratorischen Stillstände, welche bei schwachen und mittelstarken Reizungen (zweiter Classe), oder bei schwachen allein (dritter Classe) gewonnen worden sind, treten ganz in derselben Weise auf, gleichviel ob das Gehirn von der Med. obl. abgetrennt war oder nicht. Die exspiratorischen Erscheinungen haben demnach nichts mit etwaigen sensiblen Einflüssen des Gehirns zu thun. Ich hebe dies deshalb besonders hervor, weil Rosenthal, unter Bezugnahme auf Traube, bekanntlich öfters die Bemerkung gemacht hatte, dass die exspiratorischen Erfolge vom Vagus aus bei nicht abgetrennten Hemisphaeren nur einfach sensible Einflüsse sein könnten; sogar die exspiratorischen Stillstände während Laryngeusreizung sollen nach Rosenthal bei abgetragenem Gehirn nicht mehr vorkommen.[1] Die Curvengruppen *H* und *J* sind von enthirnten Kaninchen gewonnen worden. In *J* war nur der eine Vagus durchschnitten, daher kann man die Abtrennung des Gehirns wenig erkennen. Dagegen prägt sich der Effect der Gehirnabtrennung in *H*, von Curve 7 an, also nach Durchtrennung beider Vagi, sehr deutlich aus, indem die Athempausen verlängert werden.[2]

In den Kaninchen, bei denen ich sowohl den linken als den rechten Vagus gesondert gereizt habe, ergaben sich stets mehr oder weniger deutliche Unterschiede in den Reizerfolgen, so dass die Wirkung des einen Vagus zu einer Gruppe und die des anderen Vagus zu einer anderen Gruppe gezählt werden konnte. Man vergleiche z. B. die Curvengruppe Fig. 4; die erste ist bei 200 RA. vom linken Vagus gewonnen worden und würde von Manchen (Rosenthal z. B.) als ein sicherer inspiratorischer Stillstand angesehen werden, während Fig. 10, die bei derselben Reizstärke vom rechten Vagus erhalten wurde, ausgesprochen exspiratorisch ist. Man darf sich also unter diesen Umständen nicht wundern, wenn manche Autoren von einem constanten Unterschiede zwischen den beiden Nerven sprechen

[1] a. a. O. *Neue Studien*, II. Artikel.

[2] Vergl. Kronecker u. Marckwald. *Dies Archiv* 1880. S. 441.

Digitized by Google

Doch muss ich zugleich hervorheben, dass ich niemals einen sehr bedeutenden Unterschied zwischen beiden Nerven gesehen habe. So z. B. habe ich bei keinem Thiere gefunden, dass der eine Nerv etwa die Erscheinungen der ersten und der andere die Erscheinungen der zweiten Classe dargeboten hätte. Dann war auch die Differenz keineswegs eine derart constante, dass etwa der linke oder der rechte Vagus stets mehr inspiratorisch als sein Nachbar gewesen war.

Durch die Verschiedenheit der beiden Vagi waren, wir wir oben gegesehen haben, Verbindungen der Gruppen untereinander hergestellt, — die der dritten sowohl mit der zweiten, als mit der ersten Gruppe. Die Absonderung der ersten von der dritten konnte überhaupt keine scharfe sein, mindestens nicht in Bezug auf die Höhe der inspiratorischen Stillstandslinien.

Die erste Gruppe ist auch die grösste, d. h. die Mehrzahl der Versuchsthiere zeigten bei schwachen Vagusreizungen keine exspiratorischen Einflüsse, sondern schwache und mittelstarke Reizung brachten stets mehr oder weniger ausgesprochene inspiratorische Einflüsse. Die zweite Gruppe ist die kleinste; es waren nur sehr wenige Thiere, bei denen schwache und mittelstarke Reizungen nur rein exspiratorische Einflüsse zeigten, und auch bei diesen wenigen fanden sich die Vagi, wie vorhin ausgeführt, meistens verschieden.

Die weitaus grösste Mehrzahl der Versuchsthiere zeigten demnach bei mittelstarken Reizungen des Vagus mehr oder weniger deutlich ausgesprochene inspiratorische Effecte und nur eine kleine Minderheit zeigte exspiratorische Erfolge bei schwachen Reizungen. Es ist daher wohl begreiflich, dass mancher Forscher unter solchen Umständen nur von inspiratorischen Befunden bei Vagusreizungen sprechen wird.

Stellen wir die verschiedenen Gruppen in der Ordnung 1 3 2 auf und setzen wir die künstliche Eintheilung bei Seite, so stellen alle meine Versuchsthiere in Bezug auf die Wirkungen schwacher und mittelstarker Reizungen des Vagus eine in bestimmter Ordnung absteigende Reihe von Individualitäten dar, deren oberstes Glied ausschliesslich inspiratorischen, deren unterstes exspiratorische Effecte aufweisen. Die zwischenliegenden Glieder steigen von oben nach unten in der Weise herab, dass je niedriger die Mittelstellung bei mittelstarken Reizungen ist, um so ausgesprochener und ausgedehnter die exspiratorische Wirkung bei schwachen Strömen wird — oder auch umgekehrt: je grösser die Zone der schwachen Reizung für exspiratorische Effecte, um so enger ist die Zone der mittelstarken Reizungen und um so niedriger fallen die dabei auftretenden Mittelstellungen aus. Erinnert nicht diese Beziehung in einer gewissen Hinsicht an die Interferenz-Ergebnisse des Vagus-Laryngeus, dass nämlich je niedriger die Mittelstellung bei Vagusreizungen war, desto wirksamer sich die Miterregungen des Laryngeus zeigten?

Digitized by Google

§ 16. Eine besondere Beachtung verdient bei Vagusreizung die Nachwirkung, d. h. die Wirkung, welche man nach Aufhören der Reizung bemerkt. In meinen Versuchen constatirte ich bei schwachen und mittelstarken Reizungen eine längere oder kürzere Fortdauer der Wirkung nach Aufhören der Reizung; die Nachwirkung war mit der Hauptwirkung gleichsinnig: dies gilt sowohl für inspiratorische, als auch für exspiratorische Effecte. —

Der erste, welcher die Nachwirkung der inspiratorischen Effecte bei Vagusreizung besonders hervorhob, war wohl Claude Bernard.[1] Dann folgt Rosenthal[2] mit näheren Angaben, die ich hier ganz citiren möchte: „Hört man dann mit der Reizung auf, so bleibt es (das Zwerchfell) meist noch eine kurze Zeit contrahirt, erschlafft dann und beginnt seine Bewegungen von Neuem erst schnell, dann allmählich in das vor der Reizung innegehaltene Tempo übergehend. Wie lange die Nachwirkung der Reizung dauert, hängt theils von der Dauer, theils von der Stärke der Reizung ab. Sie wächst im Allgemeinen mit der letzteren und innerhalb gewisser Grenzen auch mit der ersteren." — In der umfangreichen Litteratur der Nach-Rosenthal'schen Zeit ist von dieser Nachwirkung gar wenig die Rede. Eine Nachwirkung der exspiratorischen Effecte ist, so weit mir bekannt, von Niemandem ausdrücklich hervorgehoben worden, obschon manche Erfahrung sich in diesem Sinne deuten lässt. —

Bei meinen Versuchen habe ich auf diese Fortdauer der Wirkung nach Aufhören der Reizung besonders geachtet, und möchte ausdrücklich hervorheben, dass auch die exspiratorischen Effecte eine Nachwirkung besitzen. Man kann von der Nachwirkung beiderlei Effecte sagen, dass sie hauptsächlich mit der Zunahme der Reizstärke wachsen. Auch die Dauer der Reizung hat einen gewissen Einfluss auf die Nachwirkung, aber dieser Einfluss steht in keinem Vergleiche mit der Reizstärke: man findet die Nachwirkung von langen Stillständen bei schwachen Reizungen viel geringer ausfallen als sie nach kurzen Stillständen bei starken Reizungen vorkommen. Dieses letztere Factum ist zugleich ein genügender Beweis dafür, dass die Fortdauer der Wirkung in der That „Nachwirkung," d. h. eine directe Folge der Reizung ist, und nicht etwa nur eine Folge der durch den Athmungsstillstand bewirkten Dyspnoe, was freilich ohnehin kaum begreiflich wäre, wie dieselbe Dyspnoe je nach dem Charakter des vorangegangenen Stillstandes einmal eine inspiratorische, ein anderes Mal eine exspiratorische Wirkung

[1] Nach Rosenthal in „Athembewegungen", S. 59.
[2] Die Athembewegungen, S. 291.

Digitized by Google

zur Folge haben sollte! — Die exspiratorischen Stillstände haben jedoch viel kürzere Nachwirkungen als die inspiratorischen Effecte. Bei jener besteht die Nachwirkung meistens darin, das nach Aufhören der Reizung die Inspirationen nicht sofort, sondern allmählich zu ihrer natürlichen Höhe zurückkehren; nur bei stärkeren Reizungen kann man hier und da für eine kurze Zeit eine mehr oder weniger ausgesprochene Fortdauer des Stillstandes selbst beobachten. Diese Nachwirkungen können öfters durch Miterregung des Laryngeus sichtbar verlängert werden. (Vergl. die Curven der Gruppe *J*). Bekanntlich hat Rosenthal angegeben, dass auch die exspiratorischen Effecte des Laryng. sup. kurze Nachwirkungen haben, aber auch diese sind viel kürzer als die Nachwirkungen der inspiratorischen Effecte des Vagus. Beiderlei exspiratorische Nachwirkungen vermögen wohl sich zu einem verlängerten Effecte zu addiren. Dagegen verschwinden die Nachwirkungen des Laryng. sup. fast vollständig, wenn sie mit den inspiratorischen Nachwirkungen des Vagus zusammenfallen, wie schon oben (§ 8) an verschiedenen Curven der Gruppe *K* gezeigt worden ist. — In den Individuen der dritten Classe ist die Nachwirkung nicht so unzweideutig ausgesprochen; sie ist jedoch meistens von inspiratorischem Charakter. — Ich will noch hinzufügen, dass alle Erfahrungen über Vagusreizungen mit einzelnen Inductionsschlägen, wie sie von Langendorff, Kronecker und Marckwald und Wedenski gemacht worden sind, sich bei der Kürze des Reizes eigentlich nicht auf Vagusreizungen, sondern auf die Nachwirkungen beziehen, was aber um so beachtenswerther ist, als die Nachwirkung, wie wir bald sehen werden, manchmal verkehrt zur Reizwirkung sich verhält.

§ 17. Im Gegensatz zu den oben geschilderten individuellen Verschiedenheiten bei schwachen und mittelstarken Reizungen ergaben die Reizungen der Vagi mit starken Strömen, wie schon mehrfach erwähnt, bei allen Versuchsthieren ein gleichmässiges Resultat, und dies war ausgesprochene exspiratorische Wirkung während der Reizung und eine ebenso ausgesprochene inspiratorische Nachwirkung nach Aufhören der Reizung, gleichviel ob die schwächeren Reizungen eine inspiratorische oder exspiratorische Wirkung erzielten. Ich habe dies Resultat, wie gesagt, bei allen Thieren erzielt, d. h. bei denen ich starke Reizungen vorgenommen habe. Ich habe noch kein Thier getroffen, bei dem der gedachte Erfolg nicht zu erzielen wäre. Freilich muss man die obere Grenze für starke Ströme nicht etwa, wie Rosenthal in seinen „Neuen Studien" thut, bei 100 RA. setzen; bei zweien Thieren habe ich vielmehr die Rollen fast ganz übereinander schieben müssen, bevor eine unzweideutige exspiratorische Wirkung hervorgebracht werden konnte — ganz analog den früheren Erfahrungen Rosen-

Digitized by Google

thal's. (Vergl. den oben (§ 10) citirten Rosenthal'schen Versuch). Es ist nicht ausgeschlossen, dass man Thiere finden würde, bei denen man noch stärkere Ströme anwenden müsste, um das gedachte Resultat zu erzielen. In meinen Versuchen lagen die wirksamen Stromstärken zwischen 250 und 20 RA. Bei jenen Individuen, bei denen schwache und mittelstarke Ströme ausgesprochene inspiratorische Wirkungen ergaben (erste Gruppe), war der Uebergang zu ausgesprochenen exspiratorischen Effecten ein langsamer. Eine allmähliche Verstärkung der Reizung senkte die inspiratorische Linie stets tiefer und tiefer, bis sie bei einer gewissen Reizstärke ganz im Niveau der Exspiration verlief. Die secundäre Rolle musste manchmal sogar um 200 RA. vorgeschoben werden, bevor der ausgesprochene Wechsel vollzogen war. Bei diesen Uebergangs-Stromstärken war auch die Dauer der Reizung von sichtbarem Einfluss, so dass je länger die Reizung dauerte, um so tiefer senkte sich die Stillstandslinie. Die einzelnen Momente der Reizungen summirten sich wahrscheinlich; die Dauer bedeutet daher auch nur eine Reizverstärkung.

Die beigegebenen Curven bieten hinreichend illustrirende Beispiele. Vergl. A_{11} und A_{13}, die Gruppe C, die Curven F_5—F_{10}, die Curven P_4—P_{16}, die Curven R_5—R_8.

§ 18. Nach Aufhören der starken Reizung pflegte immer ein mehr oder weniger ausgesprochener inspiratorischer Effect aufzutreten. Diese „verkehrten Nachwirkungen" wuchsen mit Zunahme der Reizstärke. Schon beim Uebergangsstadium konnte man constatiren, wie der inspiratorische Effect nach Aufhören der Reizung mit dem Tiefersinken der Stillstandslinie immer ausgeprägter wurde. In geringeren Graden documentirte sich diese verkehrte Nachwirkung nur in verlangsamter Rückkehr der Inspirationen zur normalen Tiefe; in ausgesprochenen Fällen hingegen ging der verlangsamten Rückkehr ein kürzer oder länger dauernder inspiratorischer Stillstand voran, sodass bei sehr starken Reizungen der Gegensatz zwischen den exspiratorischen Stillständen während der Reizung und den inspiratorischen Stillständen gleich nach Aufhören der Reizung ein augenfälliger war! — Die verkehrte inspiratorische Nachwirkung nach starken Reizungen trat ausnahmslos auch bei solchen Versuchsthieren auf, bei welchen schwache und mittelstarke Reizungen exspiratorische Stillstände mit gleichsinnigen Nachwirkungen bewirkten. Auch da hatte die Reizstärke einen deutlichen Einfluss auf die Dauer der Nachwirkungen, sowohl des verkehrten inspiratorischen Stillstandes, als auch der darauffolgenden Verlangsamung der Rückkehr der Inspirationen zur Norm. Man vergleiche die lange Nachwirkung der Curve H_{14}, die bei 100 Ra. gewonnen worden ist, mit den Curven H_{13}, H_{11} und H_{12}, die resp. bei 125, 175 und 250 Ra. gewonnen worden und wo dementsprechend die Nachwirkungen proprotional kürzer

Digitized by Google

und kürzer sind, und auch mit der Curve H_8 bei 300 RA., wo nur eine exspiratorische Nachwirkung bemerkbar ist. Ein Einfluss der Reizstärke auf die Höhe des inspiratorischen Tetanus konnte mit Sicherheit nicht festgestellt werden, obschon es hier und da so schien, als wäre ein solcher Einfluss in der That vorhanden. Vergl. die Curven P_{13}—P_{16}. Ebenso wenig konnte mit Sicherheit constatirt werden, dass die Dauer der Reizung auf die verkehrte Nachwirkung von erkennbarem Einfluss war. Jedenfalls gilt es auch hier wie bei den gleichsinnigen Nachwirkungen, dass ein starker Reiz von kurzer Dauer eine viel längere Nachwirkung hinterlässt, als ein schwächerer Reiz von längerer Dauer es thut. Ich will dabei nochmals erinnern, dass eine längere Dauer, durch Summation, auch einen gewissen Grad von Reizverstärkung bedeutet.

Es ist kaum nöthig besonders hervorzuheben, dass die inspiratorische Nachwirkung eine wirkliche Nachwirkung ist und nicht etwa eine Folge der durch den Stillstand bewirkten Dyspnoe. Der fast ausschliessliche Einfluss der Reizstärke und der für alle Fälle nur geringe Einfluss der Dauer auf die Nachwirkung beweist dies schon zur Genüge. Charakteristisch ist der Gegensatz zwischen dem exspiratorischen Stillstand mit der gleichsinnigen Nachwirkung bei schwacher Reizung und dem exspiratorischen Stillstande mit der verkehrten Nachwirkung bei starken Reizungen.

Der Uebergang von dem exspiratorischem Effecte, während der starken Reizung zu der verkehrten Wirkung nach Aufhören der Reizung war in den meisten Fällen ein langsamer, d. h. der exspiratorische Effect machte sich auch nach Aufhören der Reizung ein wenig geltend. Die Linie, welche die exspiratorischen mit den darauffolgenden Stillständen verband, stieg in den meisten Fällen nicht steil, sondern mehr oder weniger schräg auf; in manchen Fällen erfolgte noch eine mehr oder weniger deutliche Exspiration, bevor die verkehrte Nachwirkung ihren definitiven Fortlauf nahm. Nur beim Versuchsthiere „N“ war der Uebergang ein jäher, die Verbindungslinie steigt da perpendiculär gerade auf. Man sieht da gar keine exspiratorische Nachwirkung sich geltend machen. Ich will aber nicht unterlassen darauf aufmerksam zu machen, dass bei diesem Thiere, wie man schon aus den Curven ersehen kann, vor der Durchtrennung der Vagi gar keine Athempause zu bemerken war.

§ 19. Die exspiratorischen Stillstände, welche durch starke Reizungen erzielt worden sind, waren in den meisten Fällen mehr oder weniger deutlich mit activer Betheiligung der Exspiratoren complicirt, die meistens durch klonische, hier und da aber auch durch tonische Contractionen sich kund gaben. Man sieht in diesen Fällen an den Curven entweder eine Reihe von wenig regelmässigen Bewegungen, oder auch fast eine gerade Linie tief unterhalb des exspiratorischen Niveau verlaufen. Unter diesen Um-

Digitized by Google

ständen war der Gedanke naheliegend, dass es sich bei den exspiratorischen Effecten, die man bei starken Reizungen erhält, am Ende gar nur um active Exspiration handeln möge, und nicht um eine Athemhemmung, d. h. um eine Erschlaffung der Inspiratoren. Die Erscheinungen, welche man bei starken Reizungen sieht, wären dann einfach so zu erklären gewesen: Durch starke Reizungen werden auch die Exspiratoren immer mehr erregt, durch deren Contraction die Inspiratoren, welche gleichzeitig contrahirt bleiben, mechanisch überwunden, heruntergedrückt werden. Nach Aufhören der starken Reizung und somit nach dem Ende der activen Exspiration erscheinen die Inspiratoren, vermöge der längeren Reiznachwirkung, noch immer contrahirt. Die ausgesprochenen Athmungsstillstände der starken Reizungen würden demnach nur der Pseudo-Hemmung Munk's[1] entsprechen. Die aufgeworfene Frage liess sich indessen, nach dem Vorgange von Gad und Wegele, auf experimentellem Wege entscheiden. Durchschneidung des Rückenmarkes in der Höhe des siebenten Halswirbels schaltet alle exspiratorischen Muskeln aus. Wenn es sich bei den exspiratorischen Stillständen in der That nur um mechanische Ueberwindung der Inspiratoren handeln würde, dann müsste Durchtrennung des Rückenmarkes während der starken Reizungen nicht exspiratorische, sondern inspiratorische Stillstände bewirken. Ich habe solche Experimente einige Mal mit Erfolg ausgeführt und dabei zeigte sich, dass Durchtrennung des Rückenmarkes nur die active Exspiration beseitigte, im Uebrigen dass der Reizerfolg unverändert blieb: die Athmung stand während der Reizung still in der Exspiration und nach Aufhören der Reizung erschien, wie gewöhnlich, die verkehrte Nachwirkung. Die Curvengruppen *H* und *P* sind nach Durchtrennung des Rückenmarkes gewonnen worden; die Autopsie zeigte, dass die Durchtrennung eine vollständige war. Das Thier „*H*" gehörte zur zweiten, das Thier „*P*" zur ersten Classe, d. h. die schwachen und mittelstarken Reizungen bewirkten bei ihnen nur exspiratorische resp. nur inspiratorische Stillstände. Wir sehen bei beiden während der starken Reizungen ausgesprochen exspiratorische Stillstände ohne active Exspiration, nach Aufhören der Reizung — eine deutliche inspiratorische Nachwirkung. Bei *P* sehen wir während sehr starker Reizung die exspiratorische Linie sogar wenig unter dem normalen exspiratorischen Niveau verlaufen, namentlich nach Durchtrennung beider Vagi (Curven 13—15). Da die Exspiratoren ausgeschaltet waren, so muss man annehmen, dass die Reizung eine noch stärkere Erschlaffung des Zwerchfells bewirkt, als sie der normalen Athmung zukommt, was im Sinne Gad's[2] gedeutet werden kann, dass nämlich nach

[1] H. Munk, Ueber Athmung und Erregung. *Dies Archiv* 1881.
[2] Gad, *Dies Archiv* 1880.

Digitized by Google

Wegfall des Vagustonus der Thorax im inspiratorischen Sinne aus dem Gleichgewicht entfernt wird.

Die exspiratorischen Stillstände während starker Reizungen bedeuten also in erster Linie eine genuine Hemmung der Inspiration, eine völlige Erschlaffung des Zwerchfells, zu der sich gewöhnlich active Exspiration zugesellt. Und dennoch erfolgt nach Aufhören der Reizung eine solche deutliche inspiratorische Nachwirkung, als würde während der Reizung nicht eine Hemmung der Inspiration, sondern eine starke Auslösung derselben bewirkt!

§ 20. Die gleichsinnigen Nachwirkungen, welche wir bei den schwachen und mittelstarken Reizungen des Vagus constatirt haben, bedürfen keiner besonderen Erklärung. Nachwirkung begegnet man bei Reizungen sämmtlicher Nerven, bei den centrifugalen sowohl, als auch und noch mehr sogar bei den centripetalen. Was bedeutet aber die verkehrte Nachwirkung? Warum erfolgt nach Aufhören der Reizung ein inspiratorischer Tetanus, da doch während der Reizung, wie bewiesen worden ist, die Inspiration gehemmt wurde? Folgende Deutung des Phaenomens scheint mir die einzig zulässige zu sein.

Wir haben schon öfters erwähnt, dass die athemhemmenden Nervenfasern analog sind den Herzhemmungsnerven und dass die athemverstärkenden Nerven den herzbeschleunigenden Nerven analog sind. Im Laufe der Untersuchung hat sich noch eine gewisse Aehnlichkeit zwischen beiderlei Nervenarten ergeben. Wir wissen, dass der Herzvagus eine kurzdauernde, der Nervus accelerans eine lange dauernde Nachwirkung aufzuweisen haben. Wir haben nun constatirt, dass auch bei den Athmungsnerven der exspiratorische Effect eine kurzdauernde und der inspiratorische Effect eine langdauernde gleichsinnige Nachwirkung besitzt. Nun haben wir ferner nachgewiesen, dass bei der starken Reizung inspirationshemmende Nerven erregt werden. Gleichzeitig werden wohl auch die Inspirationsnerven erregt, wenigstens bei den Thieren der ersten Classe, bei denen doch schon mittelstarke Reizungen die Inspirationsnerven erregen. Wir müssen also den Vorgang so auffassen, dass eine starke Reizung sowohl inspirationsauslösende wie auch inspirationshemmende Nerven gleichzeitig reizt. Wenn wir uns aber das Verhalten der analogen Herznerven unter gleicher Bedingung ansehen, so finden wir dort einen Vorgang, der unserem Phenomen auffallend ähnlich ist. Nach den schon mehrfach erwähnten Untersuchungen von Schmiedeberg,[1] Bowditch[2] und Baxt[3]

[1] *Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig.* 1871.
[2] Ebenda. 1873.
[3] Ebenda. 1875.

Digitized by Google

ist es bekannt, dass bei gleichzeitiger Reizung des Vagus und Accolerans während der Reizung der Erfolg ein solcher ist, als wäre der Vagus allein gereizt worden; nach Aufhören der Reizung kommt jedoch die lange Nachwirkung des Accelerans so uneingeschränkt zum Vorschein, als wäre auch während der Reizung nur ein Accelerans-Effect zur Geltung gekommen Diese Erscheinung wird dahin gedeutet, dass der Vagus die Impulse des Accelerans weder vernichtet, noch deren Weiterentwickelung beeinflusst; nur der Uebergang auf die bewegenden Apparate wird verhindert. Daher kommen nach Aufhören der Vaguswirkung die Acceleransimpulse völlig entwickelt zum Vorschein. Ein ähnlicher Vorgang liegt wohl auch unserem Phaenomen zu Grunde. Eine starke Reizung des Vagus erregt sowohl die inspirationshemmenden als -auslösenden Nervenfasern gleichzeitig. Während der Reizung jedoch kommt die athemhemmende Wirkung ganz allein zum Vorschein — ganz wie bei den Herznerven. Nach Aufhören der Reizung und nach Abklingen der kurzen Hemmungsnachwirkung (die übrigens unter diesen Umständen hier wie auch beim Herzvagus etwas abgekürzt wird), kommt nunmehr die energische und langdauernde Nachwirkung der durch die Reizung ausgelösten inspiratorischen Impulse ganz unbeeinträchtigt zum Vorschein, weil eben auch die inspiratorischen Impulse durch die Hemmung weder vernichtet, noch in der Entwickelung beeinträchtigt werden; sie bleiben verdeckt, weil sie behindert sind, auf die inspiratorischen Muskeln überzugehen.

§. 21. Aus der gegebenen Erklärung geht hervor, dass die Athemhemmung nicht nur eine genuine ist, sondern dass sie auch in Bezug auf die gegnerischen Impulse sich ganz wie die Herzhemmung verhält. Zu dieser besonderen Betonung sehe ich mich in Folge einer Eintheilung veranlasst, die Heidenhain auch innerhalb der genuinen Hemmung statuiren will. Heidenhain[1] sagt, dass in der Hemmung zwei Fälle nothwendig zu scheiden wären: „erstens, die Schwächung oder Verminderung einer centralen Erregung innerhalb der Centra, zweitens, die Verhinderung der Aeusserung der centralen Erregung, ohne dass sie selbst aufgehoben wird". Zu der zweiten Kategorie rechnet er nur die Herzhemmung, und zwar u. A. auch auf Grund seiner eigenen Versuche am Froschvagus. Man sieht da nämlich nach Aufhören der Vagusreizung eine Herzbeschleunigung folgen, also auch eine verkehrte Nachwirkung, die Heidenhain als Nachwirkung der mitgereizten Acceleransfasern ansieht. Zu der ersten Kategorie

[1] R. Heidenhain, Untersuchungen über den Einfluss des N. vagus auf die Herzthätigkeit. Pflüger's *Arch.* Bd. XXVII. S. 410.

Digitized by Google

zählt er u. A. offenbar auch die Athemhemmung. Er sagt dies zwar nicht direkt im Texte, aber in der angezogenen Litteratur ist auch angeführt „Wegele, Ueber die centrale Natur reflectorischer Athemhemmung". Wir dürfen wohl nach unseren Erfahrungen annehmen, dass mindestens in Bezug auf die Athemhemmung die gemachte Eintheilung nicht richtig ist. Wir constatirten bei der Athemhemmung eine ganz ähnliche Erscheinung, wie sie beim Froschvagus zu sehen ist und wir sind vollauf berechtigt, auch unserer „verkehrten Nachwirkung" dieselbe Deutung zu geben, dass nämlich die unterdrückten Inspirationsimpulse nicht vernichtet, sondern nur in ihrer Aeusserung verhindert waren.

§. 22. Gelegentlich seiner ausführlichen Studien über den Einfluss der Lungendehnung und des Lungencollapses auf die Athmung hat H. Head[1] eine Beobachtung gemacht, die für uns von besonderem Interesse ist. Head giebt an, dass eine kurzdauernde Lungenaufblasung eine Hemmung der Inspiration bewirkt, die auch nach Unterbrechung des Aufblähens eine kurze Zeit fortdauert. Ein kurzes Aussaugen der Luft aus der Lunge löst einen inspiratorischen Tonus auf, der auch nach Unterbrechung der Suction ein wenig fortdauert. Beiderlei Nachwirkungen bezeichnet Head als „positive". Dagegen sah Head nach Unterbrechung einer länger dauernden Aufblähung nicht eine Fortdauer der Erschlaffung der Inspiratoren, sondern umgekehrt eine energische und langwährende Inspiration auftreten. Diese Nachwirkung bezeichnet Head als „negative". Nach Unterbrechung einer länger währenden Suction hat Head nur selten, und dann auch eine nur unbedeutende negative Nachwirkung gesehen. Head versucht keine weitere Erklärung für dieses eigenthümliche Phaenomen, das er als negative Nachwirkung bezeichnet. Ich werde an einer späteren Stelle auf die Hering-Breuer'sche Deutung ihrer berühmten Versuche, die Head in deren Sinne fortgeführt hat, nochmals zurückkommen. Hier will ich nur soviel sagen, dass ich die „negative Nachwirkung", die Head nach Unterbrechung einer länger dauernden Lungenexpansion constatirt hatte, als ganz identisch mit den oben ausführlich von mir beschriebenen „verkehrten Nachwirkungen" ansehe und möchte jene auch in gleicher Weise deuten, nämlich: eine länger dauernde Lungendehnung erregt sowohl die inspirationshemmenden als -auslösenden Nerven gleichzeitig. Nur überwiegt während der Reizung die Hemmungswirkung; dabei werden aber die Inspirationsimpulse nicht vernichtet, daher kommt deren Nachwirkung, die durch längere Dehnung in Folge von Summationswirkung länger wirkt, nach Unterbrechung der Blähung zum deutlichen Ausdruck.

---

[1] H. Head, On the Regulation of Respiration. *Journal of Physiol.* Vol. X.

Digitized by Google

V.

§. 23. Die eben besprochene Uebereinstimmung der Respirationsnerven mit den Nerven des Herzens lässt indessen schon darum zu wünschen übrig, da doch diese Uebereinstimmung nur für starke Reizungen des Vagus zutreffend ist. Darüber wie die Erfolge der weniger starken Reizungen mit den bei dem Herzen obwaltenden Beziehungen in Einklang zu bringen wären, ist schon deshalb schwierig, bestimmte Angaben zu machen, weil doch jene Erfolge selbst kein einheitliches Gepräge tragen. Noch schlimmer scheint es mit den Ergebnissen der Interferenzversuche zu stehen, da diese, wie bereits früher ausgeführt worden ist, von den bei den Herznerven bekannten Beziehungen direct abweichen.

Eine nähere Analyse der bei den Herznerven und auch bei anderen antagonistischen Nerven bekannten Thatsachen wird uns indessen belehren, dass die oben erwähnten Verschiedenheiten keine so principiell einschneidenden Punkte darbieten. Vielmehr könnten uns die bei den Respirationsnerven gemachten Erfahrungen dazu verhelfen, die Gesichtspunkte zu erweitern, unter denen die Beziehungen der Hemmungsnerven zu ihren Antagonisten betrachtet werden dürfen. Bevor ich mich indessen auf die einschlägigen Erörterungen näher einlasse, möchte ich folgende kurze Bemerkung zur Nomenclatur vorausschicken.

Alle Nerven, deren Reizung die Thätigkeit einer Function aufhebt oder vermindert, stellen eine einheitliche Kategorie dar und werden als Hemmungsnerven bezeichnet. Die Antagonisten dieser Nerven, d. h. solche Nerven, deren Reizung die Thätigkeit einer Function anregt oder verstärkt, sind eigentlich noch niemals zu einer Einheit zusammengefasst worden und haben natürlich auch keinen besonderen Namen. Indem ich im Laufe dieser Abhandlung die Inspiration auslösenden Nerven mit den herzbeschleunigenden Nerven als in einem Sinne zusammengehörig hingestellt habe, möchte ich jetzt allgemein alle Nerven, die den Hemmungsnerven gegenüber stehen und welche die Thätigkeit irgend einer Function (Herzbewegung, Athmung, Darmbewegung, Secretion u. s. w.) neu anregen oder verstärken, zu einer den Hemmungsnerven gegenüberstehenden Kategorie zusammenfassen und diese Kategorie mit dem Namen **Actionsnerven** belegen. Die Bezeichnung „Erregungsnerven", die man hie und da im Gebrauche für diese Nervenkategorie findet, scheint mir darum nicht zu passen, weil auch die Hemmung eine Erregung von Etwas voraussetzt. Die Bezeichnung „Bewegungsnerven" hat schon ihre Verwendung für die motorischen Nerven gefunden; ausserdem kann der Ausdruck „Actionsnerven" auch Nerven solcher Function einschliessen, bei denen die Bewegung gar kein oder nur ein untergeordnetes Merkmal darstellt (Sensibilität, Secretion u. s. w.)

Digitized by Google

§. 24. Obschon nach der eben geltend gemachten Auffassung die Actionsnerven längst gekannte Nerven einschliessen, so sind wir dennoch zunächst wesentlich auf den Accelerans angewiesen, wenn wir die Eigenthümlichkeit eines Nerven als Actionsnerven, namentlich aber in seiner Beziehung zum Hemmungsnerven, studiren wollen, ganz so wie wir vorläufig den Herzvagus als Muster eines Hemmungsnerven ansehen müssen, weil bis jetzt eben diese beiden Nerven, Herzvagus u. Accelerans, jeder für sich allein und die Beziehung beider zu einander, am besten studirt worden sind.

Folgende, beide Herznerven betreffende Punkte sollen hier kurz recapitulirt werden. Der Vagus hat ein kurzes Latenzstadium und ein ebenso kurzes Nachwirkungsstadium, das aber Baxt nicht als eine „Nachwirkung" ansehen, sondern lieber von einem veränderten Zustande des Herzens ableiten will. Der Accelerans hat ein langes Latenzstadium, das unabhängig von der Reizstärke beim selben Thiere (Hund) von 1—22 Sec. Dauer schwankt (Bowditch), und eine lange Nachwirkungsdauer, die sich auf mehrere Minuten erstrecken kann. Man braucht im Allgemeinen schwächere Ströme, um eine Vagus-, als eine Acceleranswirkung zu erzielen; der Vagus ermüdet früher als der Accelerans (Schmiedeberg). Bei gleichzeitiger Reizung beider Nerven kommt während der Reizung die Vaguswirkung allein zur Geltung, und zwar auch dann, wenn der Vagus mit minimalen und der Accelerans mit maximalen Strömen gereizt worden sind. Nach Aufhören der Reizung, beider Nerven oder des Vagus allein, kommt bald die Wirkung des Accelerans so ungeschmälert zum Vorschein, als wäre überhaupt nur der Accelerans allein die ganze Zeit gereizt worden. Diese volle Entwickelung des Accelerans tritt indessen nicht sofort nach Aufhören der Vagusreizung auf, die „Nachwirkung" derselben macht sich auch geltend, aber nicht mit ihrem vollen Werth: es entsteht vielmehr ein Compromiss zwischen der Acceleranswirkung und der Nachwirkung des Vagus. Dieser letzte Punkt ist für Baxt eben Grund, die „Nachwirkung" als nicht vom Vagus herrührend anzusehen, weil nach Baxt auch die geringste Erregung des Vagus mit dem Accelerans keinen Compromiss eingehen würde. Diese Annahme Baxt's soll hier nun näher beleuchtet werden.

Bekanntlich war es zuerst Schmiedeberg[1], der bei seinen systematisch vorgenommenen Reizungen der verschiedenen, Acceleransfasern führenden Nervenstämmchen beim Hunde auf solche Stämmchen stiess, die hemmende und beschleunigende Fasern zusammen enthielten, und so zur Erkenntniss kam, dass bei Reizung beider die Hemmungswirkung über-

[1] Schmiedeberg, Ueber die Innervationsverhältnisse des Hundeherzens. *Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig.* 1871.

Digitized by Google

wiegt. Er war aber noch der Ansicht, dass „beim Zusammenwirken derselben, die Zahl der Herzcontractionen die Resultante dieser einander entgegengesetzten Wirkungen ist.“ „Denn, wenn die Herzthätigkeit durch schwache Reizung der Hemmungsnerven eine Verlangsamung erfahren hat, so kann durch Erregung der Beschleunigungsnerven eine Zunahme der Pulsfrequenz hervorgebracht werden, ohne dass indess die letztere die ursprüngliche Höhe erreicht“ (S. 157.) Dafür findet er Belege in seinen Versuchen (VI. A 2). Dieser Punkt ist später von H. P. Bowditch[1] zum Gegenstand einer besonderen Untersuchung gemacht worden, und zwar wurde die Untersuchung über die Interferenz derart geführt, dass der Vagus mit minimalen und der Accelerans mit maximalen Strömen gereizt worden sind. Bowditch hat jedoch bei seinen Versuchsthieren beobachtet, dass zwar oft genug die Acceleranswirkung während der Reizung gar nicht zur Geltung kam, dass aber ebenso oft die Acceleranswirkung durch die Vaguswirkung gar nicht beeinträchtigt worden ist! Er liess es daher zweifelhaft sein, „ob nicht sehr niedere Grade der Vaguserregung durch die maximale Reizung des N.accelerans zu überwinden sind“ (S. 210). Um diese Wiedersprüche in Bowditch's Erfahrungen aufzuklären, unternahm Baxt[2] seine ausführliche Arbeit und kam zum Resultate, dass der N. accelerans, auch wenn er sich in der höchsten Erregung befindet, keine Aenderung in der Pulsfolge hervorzubringen vermag, welche eine, wenn auch noch so schwache, Vagusreizung verlangt. Die Ansicht Baxt's scheint jetzt die allgemein herrschende zu sein.

§. 25. Nach einem näheren Einblick in die einschlägigen Angaben bin ich indessen zu der Ansicht gedrängt worden, dass die Ansicht Baxt's eine irrige ist, dass vielmehr gewisse Grade von Vaguswirkung durch eine entwickelte Acceleranswirkung in der That mehr oder weniger deutlich beeinträchtigt werden. Ich will zunächst auf die Thatsache aufmerksam machen, dass man die beschleunigende Wirkung des Accelerans bei Hunden auch bei intactem Vagus (z. B. in Schmiedeberg's Versuchen) beobachtet, der Vagustonns kann also durch Acceleransreizung überwunden werden. Ja manche Autoren glauben sogar an die Existenz eines Acceleranstonus neben dem Vagustonus. Centrale Erregungen des Vagus können also sicher durch Acceleransreizung überwunden werden.

---

[1] Bowditch H. P., Ueber die Interferenz der retardirenden u. beschleunigenden Nerven. *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1873.

[2] N. Baxt, Ueber die Stellung des N. vagus zum N. accelerans cordis. Ebenda 1875.

Digitized by Google

Dann hat Baxt, trotz der ausdrücklich sich gestellten Aufgabe, es doch gar nicht versucht zu erklären, warum Bowditch in seinen Interferenzversuchen so oft die Vaguserregung unwirksam gefunden hatte. Diese positiven Befunde müssten um so mehr in die Wagschale fallen, als doch auch Schmiedeberg positive Angaben im selben Sinne machte, dass nämlich, wenn z. B. die Vagusreizung die Pulszahl um 10 Schläge vermindert hatte, durch hinzugetretene Acceleransreizung die Zahl wiederum um 3—4 Schläge gestiegen war. Solchen positiven Angaben gegenüber genügt es doch nicht, dass ein anderer Untersucher einfach über solche Resultate nicht berichtet; Zufall oder Irrthum braucht nicht immer auf der anderen Seite, sie könnte ja auch auf seiner Seite liegen.

Ferner muss betont werden, dass, angesichts der langen Latenz des Accelerans, gleichzeitig beginnende Reizungen von 4—6 Sec. Dauer zur definitiven Beurtheilung von Interferenzverhältnissen nicht verwerthet werden dürfen, da doch nach Bowditch das Latenzstadium zwischen 1 bis 22 Sec. variiren kann.

Endlich ist meine oben ausgesprochene Ansicht gerade durch die von Baxt selbst beigegebenen Tabellen *A.* u. *B* zu seinen Interferenzversuchen meiner Meinung nach unzweideutig gestützt. Bei der Auffälligkeit dieser Thatsache und bei der principiellen Bedeutung der in Rede stehenden Frage habe ich einen Auszug aus den Tabellen gemacht, um sie hier beizugeben. Die Tabellen sind genau nach den Tabellen von Baxt copirt; nur die in der letzten Rubrik ausgeführten procentischen Berechnungen sind von mir beigefügt worden.

Die Tabellen dürften dem Leser auch ohne besonderen Commentar meinerseits leicht verständlich sein. Der Accelerans ist 12 Sec., der Vagus nur 4 Sec. lang gereizt worden, und zwar bei der gemeinschaftlichen Reizung mit dem Accelerans in den Secunden 0—4, 4—8 oder 8—12 u. s. w. der Acceleransreizung. Zuerst wurde ein Accelerans allein, dann ein Vagus allein, darauf wurden beide zusammen gereizt. In den Rubriken von links nach rechts findet man verzeichnet: in der vordersten: welcher Nerv gereizt wird, in der nächsten: die Pulszahl vor der Reizung während je 4 Sec., in den Rubriken 1. 2. 3. I. ev. II. die Pulsschläge in den 1, 2 oder 3 Vier-Secunden der Acceleransreizung, oder die ersten, zweiten Vier-Secunden der Nachwirkung. Die beigefügten Plus- und Minuszahlen bedeuten die Zahlen, um welche die Herzschläge zu- oder abgenommen haben. Die von mir beigefügten procentischen Berechnungen sind dadurch zu Stande gekommen, dass ich beim Vagus die Minuszahl der Vagoacceleransreizung mit der Minuszahl der vorangegangenen alleinigen Vagusreizung verglich; beim Accelerans verglich ich die einfache Schlagzahl während der Vagoacceleransreizung mit der Schlagzahl der entsprechenden Periode der letztvorangegangenen alleinigen Acceleransreizung.

Digitized by Google

Tabelle zum Interferenzversuch *A*.

Sämmtliche Vagus-Reizungen sind bei RA. 27·2, die ersten 6 Acceleransreizungen sind bei RA. 13, die übrigen bei RA. 11 ausgeführt worden. Dauer der Acceleransreizung 11 Sec., der Vagusreizung 4 Sec.

Gereizter Nerv	Mittlere Schlagzahl in je 4 Sec. vor der Reizung	Schlagzahl in je 4 Sec. während der Reizung				
		1	2	3	I	
Accelerans	9·33	12·95 +3·62	16·8 +7·47	17·2 +7·87	17·55 +8·22	
Accelerans	9·48	12·3 +2·82	16·55 +7·07	17·35 +7·87	17·5 +8·02	
Vagus	8·82	4·65 −4·17			6·6 −2·22	
Vagoaccelerans, Vagus in d. 0—4 Sec. der Accelerans-Reizung	8·31	5·45 −2·86	11·85 +4·04	16·15 +7·84	16·7 +8·39	Acc. 42·08% Vag. 68·58%
Vagus	8·68	4·80 −3·88			6·1 −2·58	
Vagoaccelerans, Vagus in d. 4—8 Sec. der Accelerans-Reizung	8·36	10·9 +2·54	7·8 −0·56	13·9 +5·54	16·85 +8·49	Acc. 47·13% Vag. 14·43%
Vagus	8·86	4·7 −4·16			6·35 −2·51	
Vagoaccelerans, Vagus in d. 8—12 Sec. der Accelerans-Reizung	8·52	11·4 +2·88	15·3 +6·78	8·4 −0·12	15·65 −7·13	Acc. 48·53% Vag. 2·88%
Vagus	8·78	0·80 −7·08			4·55 −4·23	
Vagoaccelerans, Vagus in d. 12—16 Sec. nach Beginn der Accelerans-Reizung	8·48	10·7 +2·22	15·45 +6·97	46·0 +7·52	4·65 −3·83	Acc. 26·57% Vag. 47·86%
Vagus	8·72	1·0 −7·72			6·15 −2·57	
Accelerans	8·33	10·85 +2·52	15·0 +6·67	16·1 +7·77	16·55 +8·22	
Vagus	8·87	0·8 −8·97			4·4 −4·47	
Vagoaccelerans, Vagus in d. 12—16 Sec. nach Beginn der Accelerans-Reizung	8·67	9·7 +1·03	14·2 +5·53	16·1 +7·43	7·7 −0·97	Acc. 46·52% Vag. 12·02%
Vagus	9·12	0·9 −8·22			4·75 −4·37	
Vagoaccelerans, Vagus in d. 8—12 Sec. d. Accelerans-Reizung	8·76	9·4 +0·64	14·05 +5·29	7·7 −1·06	10·35 +1·59	Acc. 47·83% Vag. 12·89%
Vagus	9·11	0·8 −8·31			4·7 −4·41	

Digitized by Google

Tabelle zum Interferenzversuch *A* (Fortsetzung.)

Gereizter Nerv	Mittlere Schlagzahl in je 4 Sec. vor der Reizung	Schlagzahl in je 4 Sec. während der Reizung				
		1	2	3	I	
Vagoaccelerans, Vagus in d. 4—8 Sec. der Accelerans-Reizung	8·68	9·5 +0·82	5·75 −2·93	10·15 +1·47	15·8 +7·12	Acc. 38·33 % Vag. 35·27 %
Vagus	8·82	1·70 −7·12			4·55 −4·27	
Vagoaccelerans, Vagus in d. 0—4 Sec. der Accelerans-Reizung	8·7	1·85 −6·85	10·45 +1·75	14·9 +6·2	15·6 +6·9	Acc. 17·05 % Vag. 89·89 %
Vagus	8·62	1·0 −7·62			6·3 −2·32	
Accelerans	8·52	10·25 +1·73	14·25 +5·73	15·3 +6·78	15·75 +7·23	

Tabelle zum Interferenzversuch *B*.

Sämmtliche Vagusreizungen (von 4 Sec. Dauer) sind bei RA. 17·5, die Acceleransreizungen (von 12 Sec. Dauer) bis zum Querstrich sind bei RA. 26·0, die späteren bei Ra. 24·8 ausgeführt worden.

Gereizter Nerv	Mittlere Schlagzahl in je 4 Sec. vor der Reizung	Schlagzahl in je 4 Sec. während der Reizung					
		1	2	3	I	II	
Vagus	9·26	1·05 −8·21			5·8 −3·46	9·0 −0·26	
Accelerans	9·054	10·7 +1·646	14·4 +5·346	15·65 +6·596	15·9 +6·846	15·35 +6·296	
Vagoaccel., Vag. in d. 0—4 Sec. der Accelerans-Reizung	9·05	1·55 −7·50	10·05 +1·0	14·55 +5·5	15·45 +6·4	15·3 +6·25	Acc. 14·48 % Vag. 91·35 %
Vagus	9·076	1·6 −7·476			7·0 −2·076	8·85 −0·226	
Vagus	8·50	0·95 −7·55			5·6 −2·9	8·2 −0·3	
Vagoaccel., Vag. in d. 4—8 Sec. der Accelerans-Reizung	8·226	9·95 +1·724	1·85 −6·376	11·75 +3·524	14·9 +6·674	14·8 +6·574	Acc. 12·84 % Vag. 84·45 %
Vagus	8·304	1·3 +7·004			5·9 −2·404	8.0 −0·304	
Accelerans	8·256	10·0 +1·744	13·85 +5·594	15·3 +7·044	15·25 +6·994	14·85 +6·594	

Digitized by Google

Tabelle zum Interferenzversuch *B* (Fortsetzung.)

Gereizter Nerv	Mittlere Schlagzahl in je 4 Sec. vor der Reizung	Schlagzahl in je 4 Sec. während der Reizung					
		1	2	3	I	II	
Vagoaccel., Vag. in d. 8—12 Sec. der Accelerans-Reizung	8·276	10·1 +1·824	13·45 +5·174	2·2 −6·076	11·5 +3·224	14·15 +5·874	Acc. 14·37 % Vag. 86·75 %
Vagus	8·268	0·8 +7·468			5·6 −2·668	7·85 −0·418	
Vagoaccel., Vag. 12—16 Sec. nach Beginn der Accelerans-Reizung	8·090	9·75 +1·66	13·35 +5·26	14·95 +6·86	3·15 −4·94	10·75 +2·66	Acc. 20·65 % Vag. 66·14 %
Vagus	8·072	1·2 −6·872			5·85 −2·222	7·75 −0·322	
Accelerans	8·022	9·6 +1·578	13·1 +5·078	14·6 +6·578	15·0 +6·978	14·3 +6·278	
Vagoaccel., Vag. 16—20 Sec. nach Beginn der Accelerans-Reizung	8·026	9·5 +1·474	13·1 +5·074	14·55 +6·524	14·8 +6·774	2·45 −4·576	Acc. 17·13 % Vag. 81·14 %
Vagus	7·938	0·9 −7·038			5·25 −2·688	7·65 −2·288	
Accelerans	7·818	9·45 +1·632	13·05 +5·232	14·5 +6·682	14·55 +6·732	14·2 +6·382	
Accelerans	7·740	9·45 +1·71	13·1 +5·36	14·7 +6·96	14·8 +7·06	14·65 +6·91	
Vagus	7·842	1·7 −6·142			4·9 −2·942	7·4 −0.442	
Vagoaccel., Vag. 16—20 Sec. nach Beginn der Accelerans-Reizung	7·844	9·65 +1·806	13·1 +5·256	14·5 +6·656	14·9 +7·056	3·35 −4·494	Acc. 22·93 % Vag. 73·16 %
Vagus	7·918	1·25 +6·668			5·0 −2·918	7·55 −0·368	
Vagoaccel., Vag. 12—16 Sec. nach Beginn der Accelerans-Reizung	7·830	9·40 +1·62	12·9 +5·07	14.5 +6·67	3·6 −4·23	10·5 +2·67	Acc. 24·32 % Vag. 63·43 %
Vagus	7·844	1·1 −6·744			5·7 −2·144	7·4 −0·444	
Accelerans	7·780	9·55 +1·77	13·05 +5·27	14·45 +6·67	14·85 +7·07	14·5 +6·72	
Vagoaccel., Vag. in d. 8—12 Sec. der Accelerans-Reizung	7·818	9·5 +1·682	13·0 +5·182	2·4 −5·418	11·1 +3·282	13·8 +5·982	Acc. 16·32 % Vag. 80·33 %
Vagus	7·880	0·85 −7·03			4·9 −2·98	6·6 −1·28	
Vagoaccel., Vag. in d. 4—8 Sec. der Accelerans-Reizung	7·720	9·45 +1·73	2·0 −5·72	10·4 +2·68	14·2 +6·48	14·25 +6·53	Acc. 15·32 % Vag. 81·36 %
Vagus	7·746	1·15 −6·596			5·15 −2·596	7·4 −0·346	

Digitized by Google

Tabelle zum Interferenzversuch *B* (Fortsetzung.)

Gereizter Nerv	Mittlere Schlagzahl in je 4 Sec. vor der Reizung	Schlagzahl in je 4 Sec. während der Reizung					
		1	2	3	I	II	
Accelerans	7·668	9·4 +1·732	12·65 +4·982	14·25 +6·582	14·8 +7·132	14·4 +6·732	
Vagoaccel, Vag. in d. 0—4 Sec. der Accelerans-Reizung	7·782	1·4 −6·382	9·05 +1·268	13·5 +5·718	14·45 +6·668	14·45 +6·668	Acc. 14·89% Vag. 96·75%
Vagus	7·772	1·15 −6·622			4·65 −3·122	7·4 −0·372	
Accelerans	7·58	9·25 +1·67	12·75 +5·17	14·45 +6·87	14·5 +6·92	14·35 +6·77	

Man kann nun beim Durchsehen dieser Tabellen zweifellos feststellen, dass jedes Mal wenn der Accelerans zusammen mit dem Vagus gereizt worden, die Zahl der Herzschläge ausnahmslos eine grössere ist, als wenn der Vagus allein gereizt wurde. Dieser Zuwachs an Herzschlägen ist am grössten, wenn die Reizung des Vagus in 8—12″ oder auch 4—8″ der Acceleransreizung geschieht und ist am kleinsten in der Periode 0—4″; in der Nachwirkungsperiode ist die Grösse des Zuwachses weniger constant. Interessant ist der Vergleich beider Tabellen mit einander. In Tabelle *A* ist der Zuwachs in allen Perioden grösser als in Tabelle *B*, aber in *A* ist der Vagus bei RA. 27·2 und der Accelerans bei 13. rep. 11 RA. gereizt worden, während in *B*, umgekehrt, die Reizung des Vagus bei 17·5 und des Accelerans bei 26·0 bezw. 24·8 RA. stattfand. Daraus folgt, dass je stärker die Reizung des Accelerans ist, desto grösser sein Einfluss bei der gemeinschaftlichen Erregung beider Nerven ist.

Wenn wir nun auch Bowditch's Erfahrungen als noch nicht aufgeklärt ausser Betracht lassen, so dürften wir aus den Beobachtungen Schmiedeberg's und aus dem objectiven Material Baxt's, im Gegensatze zu diesem selbst, zunächst den allgemeinen Schluss ziehen, dass die beiden Herznerven sich zu einander doch wie Summanden verhalten, dass bei gleichzeitiger Reizung beider Nerven der Erfolg eine Resultante beider Wirkungen ist, obschon die Vaguswirkung derartig weitaus überwiegend ist, dass es den Eindruck erweckt, als komme überhaupt nur der Vagus allein zur Geltung, — kurz das Verhalten ist ganz so, wie Schmiedeberg es zuerst formulirt hatte. Man darf auch ferner sagen, dass die Stärke der Acceleransreizung von Einfluss

Digitized by Google

ist auf die Verschiebung der Resultante zu Gunsten der Acceleranscomponente. Aus den Schmiedeberg'schen Versuchen darf man wohl ferner annehmen, dass auch die Zahl der gereizten Fasern der resp. Nerven von Einfluss ist auf die Verschiebung der Resultante nach der einen oder anderen Richtung.

Dass die „Nachwirkung" nach einer Vagusreizung in der That von dieser Reizung herkommt, braucht, nebenbei bemerkt, unter diesen Umständen kaum bezweifelt zu werden, da die Fähigkeit dieser Nachwirkung mit dem Accelerans einen Compromiss einzugehen, in keinem Widerspruche steht mit den Eigenschaften der Vagushemmung.

§. 26. Von besonderem Interesse für die Erkenntniss aller Beziehungen der Actionsnerven zu den Hemmungsnerven ist eine Arbeit von M. v. Frey[1] über die Gefässnerven der submaxillären Speicheldrüse.

Bekanntlich enthält der Sympathicus die gefässverengernden und die Chorda die gefässerweiternden Nervenfasern für die Unterkieferspeicheldrüse. Unter der Voraussetzung, dass die erweiternden Nerven als Hemmungsnerven aufzufassen sind, hat M. v. Frey die Beziehungen der Chorda und der Sympathicuswirkung zu einander zu studiren begonnen. Er stellte zunächst fest, dass die Chorda eine lange und der Sympathicus eine kurze Nachwirkung besitzen. Bei gleichzeitiger Reizung beider erscheint die Sympathicuswirkung durch die Chordareizung ganz unbeeinträchtigt; nach Aufhören der Reizung erscheint die Nachwirkung der Chorda völlig entwickelt. Also ganz dieselben Verhältnisse wie bei den Herznerven, nur umgekehrt: der Actionsnerv ist der überwiegende und der Hemmungsnerv hat die lange Nachwirkung. Das absolute Ueberwiegen der Actionsnerven gilt jedoch nur, wenn beide Nerven mit maximalen Strömen gereizt werden; bei Reizungen mit untermaximalen Strömen ist das Ergebniss mehr eine Resultante, die Wirkungen beider sind etwas beeinträchtigt. Obschon ein Sympathicustonus sicher nachgewiesen ist, so kann man durch Chordareizungen bei intactem Sympathicus einen sicheren Erfolg erzielen, der aber grösser ausfällt, wenn der Sympathicus vorerst durchtrennt war. Man sieht hier ein Argument in's Feld geführt, das in den vorangegangenen Herzarbeiten derselben Schule noch nicht in Betracht gezogen worden ist.

§. 27. Wenn wir aus den Erfahrungen über die antagonistischen Mechanismen des Herzens und der Gefässnerven der Unterkieferdrüse Allgemeines

---

[1] M. v. Frey, Ueber die Wirkungsweise der erschlaffenden Gefässnerven. *Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig.* 1876.

Digitized by Google

für die Beziehungen der Hemmungs- zu den Actionsnerven abstrahiren sollen, so finden wir nur dies allein den beiden gedachten Mechanismen gemeinsam: dass auch bei der völligen Verdeckung der Wirkung der einen Nervenart durch die andere die versteckte Nervenart in keiner Weise in ihrer natürlichen Entwickelung behindert wird, so dass bei irgend welcher Aufhebung der verdeckenden Nervenart die verdeckte in ihrer vollen Entfaltung zum Vorschein kommt. Im Uebrigen sahen wir, dass das absolute Ueberwiegen der einen Nervenart über die andere Art weder specifisch den Hemmungs-, noch den Actionsnerven als besondere Eigenschaft zukommt. Beim Herzen kommt das absolute Ueberwiegen auf Seiten der Hemmungs-, bei den Gefässnerven auf Seiten der Actionsnerven vor. Hier wiederum nur bei maximalen Reizungen; bei untermaximalen giebt es kein Ueberwiegen, sondern ein Verschmelzen zu einer Resultante. Aber auch bei den Herznerven ist das Verschmelzen zu einer Resultante im Princip überall erkennbar, obschon da der Hemmung auch bei minimalen Reizen die weitaus grössere Componente zukommt. Es ist demnach wahrscheinlich, dass der Grad, mit welchem jede Componente sich an der Resultante betheiligt, gar nichts mit dem Wesen der Hemmung oder der Action zu thun hat; es hängt dies vielmehr mit der individuellen Organisation jedes besonderen Mechanismus zusammen.

Auch in Bezug auf die Nachwirkung ist es wohl richtig anzunehmen, dass sie mit dem Wesen der Hemmungs- oder Actionsnerven nichts zu thun habe. Beim Herzmechanismus finden wir die lange Nachwirkung beim Actionsnerven, bei den Gefässnerven finden wir sie bei der Hemmung vor.

Dasselbe gilt wohl auch von all den anderen bis jetzt bekannten Verschiedenheiten beiderlei Herznerven, z. B. die Dauer der Latenz, die verschiedene Ermüdbarkeit, der Unterschied in der Erregbarkeit, die Verschiedenheit im Widerstande gegen Gifte. Alle diese Eigenschaften haben wohl mit dem Wesen der Actions- oder Hemmungsnerven an sich nichts zu thun.

Die eben angeführten Thatsachen sind von principieller Bedeutung. Stellen wir uns z. B. eine antagonistische Nerveneinrichtung vor, bei der beiderlei Nervenarten gleich kurze oder auch gleich lange Reiznachwirkungen haben. Wenn nun bei dieser Einrichtung etwa die Hemmung ein solches absolutes Uebergewicht hätte, wie sie der Herzhemmung zukommt, wie sollte man da erfahren, ob die Wirkung der Actionsnerven bloss verdeckt, oder gar vernichtet wird? Wir haben schon oben gesehen, wie Heidenhain, auf Grund eben dieses Unterschiedes, zweierlei Hemmungen statuiren wollte; eine Hemmung, die den antagonistischen Effect nur verdeckt, und eine andere Hemmung, welche die Actionsimpulse ganz vernichtet.

Digitized by Google

Für die Athmung ist es uns gelungen, glaube ich, den Beweis zu erbringen, dass die Actionsimpulse hier ebensowenig vernichtet werden, wie die Actionsimpulse durch die Herzhemmung nicht ausgetilgt werden können. Aber auch in solchen Fällen, bei denen wir bis jetzt keinen derartigen Beweis beibringen können, müssen wir doch bedenken, dass beim Herzen, bei den Gefässnerven, bei der Athmung, wir es doch nur dem zufälligen Umstande, dass der unterdrückte Nerv eine längere Nachwirkung besitzt, die Erkenntniss verdanken, dass der unterdrückte Impuls eben nur unterdrückt, aber nicht vernichtet wird. Warum sollten wir bloss auf Grund der Abwesenheit eines günstigen Umstandes gleich eine neue Hemmungskategorie statuiren wollen? Zu einem solchen Schritt wären wir vielleicht erst dann berechtigt, wenn der unterdrückte Nerv, der sonst eine lange Reiznachwirkung aufweist, bei der Miterregung seines Antagonisten (mit kurzer Nachwirkung) nach Aufhören der Reizung diese Nachwirkung vermissen lässt. Indessen ist eine solche Thatsache bis jetzt noch nicht bekannt geworden.

§. 28. Wenn wir nun zu unseren Erfahrungen mit den Athmungsnerven zurückkehren, so wollen wir zunächst auf die Resultate mit den starken Reizungen hinweisen, wie sie in Bezug auf Ueberwiegen und Nachwirkungen mit den Herznerven und in Bezug auf den Unterschied zwischen maximalen und submaximalen Reizungen mit den Gefässnerven übereinstimmen. Wie die individuelle Verschiedenheit in den Wirkungen der submaximalen Reizungen zu deuten ist, darauf will ich bald zurückkommen, ich will hier nur darauf hinweisen, dass man sowohl bei den Herz-, wie auch bei den Gefässnerven sich noch gar nicht damit befasst hat, die Resultate verschiedener Thiere mit einander zu vergleichen, und es noch gar nicht ausgeschlossen ist, dass auch bei diesen Mechanismen gewisse individuelle Variationen vorkommen. Uebrigens ist auch beim Herzmechanismus, wie Bowditch's Versuche zeigten, auch nicht Alles vollständig klar.

Das Verhältniss des Laryngeus sup. für sich allein und zum Vagus findet gleichfalls in den angeführten Untersuchungen genügende Vergleiche. Die Reizung des Laryngeus sup. ist zu vergleichen mit der Reizung der Chorda bei intactem Sympathicus: hier wie dort wird die normale, centrale Erregung (tonische oder rhythmische) durch die künstliche Erregung der Chorda resp. des Laryngeus sup. überwunden. Dagegen vermag die Erregung des Laryngeus sup. die künstliche Erregung des stark inspiratorisch wirkenden Vagus so wenig zu besiegen, wie die Reizung der Chorda den stark erregten Sympathicus zu beeinflussen vermag. Ist die Wirkung des Vagus weniger stark inspiratorisch, so vermag wohl der Laryngeus mit dem Vagus mehr oder weniger ausgesprochene Compromisse einzugehen,

Digitized by Google

wie auch die Chorda mit dem Sympathicus bei submaximaler Erregung Compromisse eingehen kann.

Nur dieser eine Punkt in meinen Versuchen findet jedoch kein Analogon in den Erfahrungen über die Herz- und Gefässnerven: dass nämlich bei ein und derselben Function, die einen Hemmungsfasern die überwundenen, die anderen die überwindenden sind. Die Hemmungsnerven des Laryngeus sup. (auch bei starker Reizung derselben) werden von dem stark inspiratorischen Vagus überwunden; dagegen überwinden bei starker Reizung die Hemmungsfasern des Vagus die Inspirationsfasern desselben.

Wir haben indessen oben festgestellt, dass das absolute Verdecktwerden der einen Nervenart durch die andere gar nichts mit dem Wesen der Action oder der Hemmung an sich zu thun habe, sondern in der zufälligen Organisation jedes besondern Mechanismus begründet sei. Danach können wir uns wohl auch eine solche Vertheilung der Hemmungsfasern denken, bei der eine Anzahl derselben mit den Actionsfasern derartig verbunden sind, dass diese von jenen überwunden werden können, während dem Reste der Hemmungsfasern ein solches Uebergewicht nicht zukommt. Bei der Athmung kann dies um so mehr zutreffen, als hier notorisch mehrere gesonderte Nervencentra und weitauseinanderliegende Nervenbahnen in Betracht kommen. Wir können uns wohl mit Recht vorstellen, dass die Hemmungsfasern des Laryngeus sup., der keinen Nerventonus besitzt, durchaus nicht diesen unmittelbaren Einfluss auf die künstlich gesetzten inspiratorischen Impulse besitzen, wie jene Hemmungsfasern, die mit den gereizten inspiratorischen Fasern wahrscheinlich von der Lunge her im selben Stamme verlaufen und einen ausgesprochenen Tonus aufweisen.

§. 29. Worauf beruhen die individuellen Verschiedenheiten bei schwacher und mittelstarker Reizung des Vagusstammes?

Eine kurze Erörterung folgender Punkte dürfte uns auch in Bezug auf die vorliegende Frage weiter helfen.

Bei den Herznerven haben wir gesehen, dass beiderlei Nervenarten verschieden erregbar sind, d. h. dass man constant stärkere Reize braucht zur Erregung der einen Nervenart, als man sie für die Erregung der anderen Art nöthig hat. Dann variirt gewiss die Erregbarkeit derselben Nervenart von Thier zu Thier und vielleicht auch bei demselben Thiere bei verschiedenen Zuständen. Am Ende ist es sogar möglich, dass verschiedene Fasern derselben Nervenart bei demselben Thiere und bei gleichem Zustande eine verschiedene Erregbarkeit haben. Dann kann auch die Erregbarkeitsscala zwischen Minimum und Maximum sowohl bei beiderlei Nervenarten, als bei derselben Art verschieden weit ausfallen. Endlich wollen wir noch daran erinnern, dass auch die Zahl der betheiligten

Digitized by Google

Nervenfasern in dem Gegeneinanderwirken der antagonistischen Nerven eine Rolle spielt.

Ohne in der Lage zu sein, beiderlei im Vagusstamme verlaufenden Nervenfasern gesondert zu reizen, dürfen wir dennoch aus manchem Verhalten einige Schlüsse z. B. auf die verschiedene Erregbarkeit beiderlei betheiligter Nervenarten ziehen. Die als erste beschriebene Gruppe war auch, wie erwähnt, die grösste. Wir wollen sie daher als Grundlage für unsere Betrachtung nehmen. Bei dieser Gruppe haben wir folgendes Verhalten constatirt: Die ersten wirksamen Reize riefen ausgesprochene Inspirationen hervor; eine relativ umfangreiche Scala der nächst stärkeren Reize bewirkte weiter keine wesentliche Veränderung, als eine Zunahme der Nachwirkung. Dann folgte eine Reizscala, bei der die Stillstandslinie sich immer mehr und mehr senkte, um bei noch weiterer Verstärkung ganz exspiratorisch zu verlaufen. In der ersten Reizscala sehen wir wohl die Inspirationsfasern allein erregt, in der zweiten Reizscala werden wohl auch die Hemmungsfasern mit erregt, die Erregung reicht aber noch nicht aus die Inspiration zu hemmen; das Resultat ist ein Compromiss, der um so mehr zu Gunsten der Exspiration ausfällt, je stärker die Reizung wird, bis schliesslich der Reizungsgrad ein maximaler wird, wobei die Hemmung absolut überwiegt, die Inspirationsimpulse vollständig verdeckt werden. Bei manchen Thieren ist die erste Reizscala nur sehr kurz. Die Inspirationsfasern werden in diesem Falle allerdings zuerst allein erregt, um jedoch bei einer nur geringen Verstärkung der Reizung bereits die Hemmungsfasern mitzuerregen. Diese Scala kann wiederum weit ausfallen, so dass erst bei beträchtlicher weiterer Steigerung der Reizung der Grad erreicht wird, bei dem die Hemmungsnerven die Alleinherrscher sind. (Vergl. Curve F 4—F 9) Die Erregbarkeit der Inspirationsfasern variirt sowohl in der Hinsicht, dass der Schwellenwerth der minimalen Wirkungen einmal niedriger und ein anderes Mal höher liegt, als auch in Bezug auf die Enge der Reizscala, die zwischen Minimal- und Maximalwirkung liegt.

Wir wollen nochmals daran erinnern, dass das Verhältniss der Hemmungsfasern des Laryngeus sup. zu den Inspirationsfasern des Vagus ein umgekehrtes ist als das der Hemmungsfasern des Vagus selbst. Das Verhältniss dieser zu den Inspirationsfasern gleicht mehr dem der Herznerven: die hemmenden Nerven überwiegen; das Verhältniss des Laryngeus sup. zu den Inspirationsnerven gleicht mehr demjenigen der Gefässnerven: die Actionsnerven überwiegen bei maximaler Reizung, bei submaximaler gehen sie einen Compromiss ein. Es ist auch noch erwähnenswerth, dass die Laryngeusfasern eine grössere Erregbarkeit aufweisen: sie werden bei niedrigeren Reizstärken erregt, als die Inspirationsfasern des Vagus. (Vergl. §. 8.)

Digitized by Google

Nachdem die voranstehenden Auseinandersetzungen meine Ansicht begründet haben, will ich nun dieselbe dahin aussprechen, dass die individuellen Verschiedenheiten der Ergebnisse bei schwacher und mittelstarker Reizung des Vagus bei verschiedenen Thieren auf Verschiedenheit in der Erregbarkeit der Inspirationsfasern und auf variirenden Beimengungen von Hemmungsfasern des Laryngeus superior in dem Vagusstamm beruhen. Für die erste Gruppe liegt die Sache so einfach, wie ich sie bereits oben auseinandergesetzt habe; zur Annahme einer Betheiligung von Laryngeusfasern bei dieser Gruppe liegt kein Grund vor. Bei der dritten Gruppe müssen wir annehmen, dass die Reizscala zwischen Minimum und Maximum für die Inspirationsfasern relativ weit ist, und dass Hemmungsfasern des Laryngeus superior in den betreffenden Vagusstämmen verlaufen. Schwache Reizungen treffen daher nur Laryngeusfasern und veranlassen exspiratorischen Stillstand. Bei verstärkter Reizung werden auch Inspirationsfasern minimal getroffen, wodurch ein Compromiss entsteht, der bei weiterer Verstärkung der Reizung immer mehr zu Gunsten der Inspiration ausfällt. Bei noch weiterer Verstärkung der Reizung werden jedoch auch die Hemmungsfasern des Vagus getroffen, wodurch wiederum die Stillstandslinie mehr oder weniger jäh zu Gunsten der Exspiration abzusteigen beginnt. In der zweiten Gruppe endlich werden die Inspirationsfasern nur wenig früher als die Exspirationsfasern des Vagus erregt und zuerst von den Laryngeusfasern allein, dann im Verein mit den Hemmungsfasern des Vagus vollständig verdeckt. Erst durch die bedeutendere Nachwirkung der Inspirationsfasern erkennen wir die Miterregung derselben in dieser Gruppe.

Bei meinen Versuchen war der Laryngeus inferior mitgereizt worden. Der Gedanke läge nun nahe, den Laryngeus inferior als den Träger der eingestreuten Fasern des Laryngeus superior anzusprechen. Nach Rosenthal[1] soll indessen die Hemmung des Recurrens unconstant, schwerer auslösbar und weniger ausgesprochen sein als die des Laryngeus superior, und soll Morphium oder Chloral die Wirkung des Recurrens ganz ausschalten, während die Hemmungswirkung des Laryngeus superior unangetastet bestehen bleibt. Die Hemmungsfasern des Recurrens müssten demnach verschieden sein von denjenigen des Laryngeus superior, sie müssen aber nach Rosenthal's Beschreibung auch von den Hemmungsfasern des Vagus verschieden sein, die ihre Wirkung sehr prompt und sehr ausgesprochen bekunden. Es wird wohl weiteren Versuchen überlassen bleiben müssen, über diesen Punkt und über andere sich aufdrängende Fragen helleres Licht zu verbreiten.

---

[1] In „*Neue Studien*", *II. Artikel* a. a. O.

Digitized by Google

§ 30. Ich möchte hier noch folgende Bemerkung anschliessen:

Bis jetzt war nur von dreierlei Fasergattungen im Vagusstamme die Rede: a) Nerven für die Inspiration, b) Nerven, welche diese hemmen, und c) Nerven für active Exspiration. In dem Vagusstamme scheinen indessen auch noch solche Fasern zu verlaufen, welche die active Exspiration hemmen. Nach Traube und Rosenthal contrahirt sich bei Kaninchen der Musc. obliquus abdom. ext. bei jeder normalen Exspiration. Nun berichtet Rosenthal,[1] dass „solange das Zwerchfell in Folge der Vagusreizung contrahirt ist, der Obliquus erschlafft bleibt". „Es kamen Fälle vor, wo die Obliqui zu erschlaffen scheinen bei einer Reizung, die noch gar nicht stark genug ist, das Zwerchfell zu einer dauernden Contraction zu bringen, sondern nur zu beschleunigen". Ferner: „so lange das Zwerchfell contrahirt bleibt, mögen auch dyspnoetische Erscheinungen, wie die Theilnahme der Hülfsinspiratoren auftreten, bleiben die Bauchmuskeln ruhig". Aehnliches findet sich auch bei Knoll.[2] Im Vagusstamme verlaufen also auch Hemmungsfasern für die Exspiration, und zwar scheinen diese Hemmungsfasern vornehmlich bei einer Reizstärke erregt zu werden, welche gleichzeitig ausreicht die Inspiration zu erregen. Bei fast derselben Reizstärke werden demnach die Inspiratoren erregt und die Antagonisten derselben gehemmt. Früher haben wir gesehen, dass bei noch grösseren Reizstärken die Inspiratoren gehemmt und bei nur geringer weiterer Verstärkung zugleich auch die Exspiratoren erregt werden.

Wir sehen hier wiederum, dass das Ueberwiegen weder der Hemmung an sich, nach der Action an sich zukommt. Bei der starken Reizung überwiegt der exspiratorische, bei der schwächeren der inspiratorische Mechanismus. In jedem Mechanismus finden wir ein Praevaliren der Actionsnerven dieses und der Hemmungsnerven des antagonistischen Mechanismus. Es ist dies ein interessanter teleologischer Punkt: bei der Innervation der einen Muskelgruppe zugleich Hemmungsimpulse für die antagonistische Gruppe thätig sein zu lassen, wodurch ein unnützer mechanischer Kampf verhütet wird.[3]

VI.

§ 31. Meine Erfahrungen mit der „verkehrten Nachwirkung" bei starker Reizung des Vagusstammes liessen sich, wie wir gesehen haben,

[1] Athembewegungen S. 171.

[2] *Zweite Mittheilung. Sitzungsber. der Wiener Acad.* Bd. 86. (1882.)

[3] Cartesius stellte in seinem Buche „*de homine*" (1677 p. 40) die Hypothese auf, dass die Nervenkraft, wenn sie zu einer Muskelgruppe fliesst, durch Klappen in den Nervenröhren von den Antagonisten abgehalten werde.

Digitized by Google

am ungezwungensten dadurch erklären, indem wir, nach Analogie mit den Herznerven, annehmen, dass die starke Reizung sowohl inspirationsauslösende, als auch inspirationshemmende Nervenfasern gleichzeitig reizt, dass aber während der Reizung die Hemmungswirkung überwiegt, nach Aufhören der Reizung jedoch die den Inspirationsimpulsen eigenen langen Nachwirkungen unbehindert zum Vorschein kommen. Wir glaubten uns für berechtigt zu halten, überall, wo wir eine ähnliche verkehrte Nachwirkung beobachten, dieselbe Erklärung anzuwenden. Und da H. Head auch bei seinen Versuchen mit der Lungendehnung eine solche verkehrte oder, wie Head sie lieber nennt, „negative" Nachwirkung constatirt hat, so meinten wir, dass auch durch die Lungendehnung sowohl die inspiratorischen, wie auch die Hemmungsfasern gleichzeitig gereizt werden, dass aber während der Reizung die Hemmung überwiegt, nach Aufhören der Reizung jedoch die lange Nachwirkung der gereizten Inspirationsnerven zum Vorschein kommt. Diese Auffassung wollen wir jetzt versuchen auch auf die normalen Athmungsvorgänge anzuwenden.

Bekanntlich haben Hering und Breuer die Theorie aufgestellt, dass die Lungendehnung, welche bei der normalen Inspiration stattfindet, einen Reiz auf die inspirationshemmenden Nervenfasern ausübt und somit eine Unterbrechung der Inspiration veranlasst. Der Lungencollaps hingegen übt einen Reiz auf die Inspirationsfasern aus und veranlasst von Neuem eine Inspiration. Diese Vorrichtung nannten die Autoren Selbststeuerung. Obschon Hering und Breuer für ihre Theorie experimentelle Belege erbrachten, indem in der That eine Lungenaufblähung eine Athemhemmung und ein Aussaugen der Lunge, oder Anstechen der Pleura, eine Inspiration hervorruft, so will es doch Niemandem recht einleuchten, dass erstens die Lungendehnung und der Lungencollaps specifisch verschiedene Reize darstellen sollen, und dass, zweitens, beiderlei Nervenarten specifisch verschiedene Reizmittel zu ihrer Erregung erfordern sollen, dass z. B. die Lungendehnung keinen Reiz für die inspiratorischen Nerven abgeben soll.

Um diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen (und aus noch anderen experimentellen Gründen, die hier nicht speciell erörtert werden sollen), hat J. Gad aus der Hering-Breuer'schen Theorie nur den einen Theil acceptirt, dass nämlich die Lungendehnung die hemmenden Fasern reizt. Die Entstehung der Inspiration verlegt Gad in's Centralorgan und sieht für die normale Einathmung von der Betheiligung der Lunge vollständig ab.

Ich meinerseits möchte zur Ansicht Hering-Breuer's zurückkehren, dass die Lungenbewegungen auch normalerweise sowohl bei der Exspi-

Digitized by Google

ration als auch bei der Inspiration betheiligt sind; nur glaube ich nicht, dass es gar nöthig sei, die schwer verständliche Annahme zu machen, dass das Zusammenfallen der Lunge einen specifischen Reiz für die Inspiration abgebe. Ich glaube vielmehr, dass die Lungendehnung der einzig wirksame Reiz ist, den wir bei der Lungenbewegung finden können. Meine Vorstellung von der Betheiligung der Lungenbewegung bei der normalen Athmung ist, zunächst kurz gesagt, folgende: Die Lungendehnung reizt die Inspirations- und die Hemmungsnerven gleichzeitig, Während der Reizung kommt der hemmende Effect vornehmlich oder ausschliesslich zur Geltung; daher erfolgt eine Unterbrechung der Inspiration und somit auch der Lungendehnung. Hierdurch fällt aber der Reiz weg; nunmehr kommt die länger dauernde Nachwirkung der Inspirationsnerven zur Geltung und veranlasst eine neue Inspiration.

§ 32. Wir wollen indessen auf einige der betheiligten Momente noch etwas ausführlicher eingehen.

Durch die Experimente der Hering'schen Schule ist es sichergestellt. dass die Lungendehnung einen Reiz abgiebt. Jeder Reiz hat aber a priori Intensitätsgrade. Soweit mir die bezüglichen Angaben bekannt sind, ist der Einfluss der Dehnungsgrade auf den erzielten Erfolg noch nicht studirt worden. Die Erfahrungen über die verschiedene Dauer der Dehnung, die Head studirt hat, enthalten wohl, in Folge der verschiedenen Summationsgrade, auch einige Andeutungen über den Werth der Intensitäts-Unterschiede, doch ist dies für unsere Zwecke nicht genügend. Wir wollen daher versuchen, unsere Erfahrungen mit den elektrischen Reizungen am Vagusstamme hier zu verwerthen. Dort haben wir gesehen, dass schwächere Reizungen die Inspirationsfasern allein reizen, stärkere Reizungen sowohl In- als Exspirationsfasern gleichzeitig erregen; das Ergebniss ist jedoch nur eine Resultante. Sehr starke Reizungen endlich erregen beiderlei Nerven, wobei nur der Effect der Exspiration allein sichtbar wird. Wir wollen hier nachträglich noch bemerken, dass die starken Reizungen eigentlich wiederum in zwei Untergrade zu theilen sind: der erste Grad erregt nur die Inspirationshemmung, eine weitere, allerdings nicht grosse Verstärkung erregt auch die active Exspiration. Dieselbe Erfahrung macht man bekanntlich auch bei Reizungen des Laryngeus superior, Trigeminus u. s. w. — Bei der Anwendung auf die Dehnung wollen wir von jenem Grade, bei dem active Exspiration eintritt, absehen. Wir werden demnach, in Analogie mit der elektrischen Reizung, auch bei der Wirkung der Lungendehnung als Reiz drei Intensitätsgrade zu unterscheiden suchen: einen schwachen Grad, bei dem nur die Inspirationsnerven allein gereizt werden,

Digitized by Google

einen mittelstarken, bei dem In- und Exspirationsnerven gereizt werden, mit mehr oder weniger ausgesprochenen Mittelcontractionen des Zwerchfells; endlich einen starken Grad, bei dem die Hemmung überwiegt, so dass eine Erschlaffung des Zwerchfells eintritt. Für diese a priori angenommene Eintheilung der Lungendehnung in drei Grade finden wir indessen auch einen thatsächlichen Anhaltspunkt: der Grad der Dehnung, in welcher die Lunge sich befindet: 1. am Ende einer normalen Inspiration, 2. während einer normalen Exspiration und 3. am Ende einer tiefen Exspiration, wenn die Lunge nur noch rückständige Luft enthält.

§ 33. Am Ende einer normalen Inspiration enthält die Lunge Respirationsluft + Reserveluft + rückständige Luft. Wir wollen hier Mittelzahlen setzen. Die Lunge enthält also am Ende einer normalen Inspiration 500 + 1500 + 1500 = 3500 ccm Luft. Am Ende einer Inspiration erreicht die Lungendehnung einen Grad, bei dem die Hemmungswirkung überwiegt. Wir können uns auch denken, dass der Dehnungsgrad selbst am Ende der Inspiration vielleicht noch ein wenig unter dem erforderlichen Grade ist, das Fehlende wird aber durch die Dauer der Dehnung, in Folge der Summation der Reize, ersetzt. Wenn also die Inspiration, sei es durch den Dehnungsgrad selbst, sei es durch den Dehnungsgrad plus Dehnungsdauer, eine solche Reizstärke erreicht hat, bei der die Hemmungsnerven genügend überwiegen, so wird die Inspiration unterbrochen und die Lunge, sagen wir, fällt zusammen.

Da wir aber wissen, dass die Respirationsluft doch nur 500 ccm, also nur $^1/_7$ der ganzen in der Lunge enthaltenen Luftmenge beträgt, während der normalen Exspiration also in der Lunge $^6/_7$ übrig bleiben, so ist es klar, dass das Zusammenfallen der Lunge während einer normalen Exspiration ein relativ nur geringes ist, jedenfalls bei Weitem nicht den Grad erreicht, bei dem eine Inspiration allein ausgelöst wird. In der That ist es auch nur nöthig, dass der Dehnungsgrad, der das absolute Ueberwiegen der Hemmung unterhält, verschwindet, um bei dem nächst schwächeren Grade bereits wiederum die Inspirationsimpulse mindestens als Componente sich regen zu lassen und somit ein weiteres Zusammfallen der Lunge zu verhindern. Die Lunge würde in der normalen Exspiration vielleicht noch weniger zusammenfallen, wenn nicht die allerdings kurze Nachwirkung der überwiegenden Hemmung das unmittelbar Wirksamwerden der Inspirationscomponente verzögern würde. In der normalen Exspiration bleibt die Lunge demnach für alle Fälle noch in einem solchen Grade gedehnt, bei dem Inspirations- und Hemmungsfasern gleichzeitig gereizt werden und eine Resultante bewirken, bei der die Inspirationswirkung vielleicht

Digitized by Google

sogar die grössere Componente abgiebt. Die Inspirationsmuskeln bleiben demnach auch während der normalen Exspiration einigermaassen contrahirt. Das stimmt mit der von Gad vertretenen Ansicht überein.

Würde es bei diesem einzigen Factor für die Inspiration bleiben, dann würde das Resultat keine Lungenbewegung, sondern nur ein gleichmässiger Tonus des Diaphragma's sein. Zu der Inspirationscomponente gesellt sich indessen bald, nach Abklingen der Hemmungswirkung, die nunmehr freiwerdende, länger dauernde Nachwirkung der durch die vorangegangene stärkere Dehnung mitgereizten Inspirationsnerven und bewirken zusammen eine neue Inspiration mit allen den daran sich knüpfenden Folgen. — Das Abklingen der Hemmungswirkung stellt die Athempause dar. Diese Ansicht ist bereits von Gad[1] ausgesprochen worden, der auf die Bedeutung der Hemmungsnachwirkung für das Zustandekommen der Lungenbewegung besonderen Nachdruck gelegt hat, was ich hier besonders constatiren will.

§ 34. Die Hemmungsnachwirkung wird höcht wahrscheinlich beim Heruntersinken von der ursprünglichen Stärke durch die gegenüberstehenden inspiratorischen Factoren wesentlich abgekürzt. Wir haben bei der elektrischen Reizung auf diese Abkürzung hingewiesen, die in der Abkürzung der Vagusnachwirkung durch die hervortretende Acceleranswirkung ihr Analogon findet. Nach den Angaben von Head erzeugt eine kurzdauernde Dehnung eine auf mehrere Respirationen sich erstreckende Hemmungsnachwirkung. Auch eine kurzdauernde Suction hinterlasse, nach Head, eine auf mehrere Respirationen sich erstreckende inspiratorische Wirkung. Für alle Fälle ist es gewiss, dass die lange dauernde inspiratorische Nachwirkung durch die heraufbeschworene Inspiration im weiteren Abklingen behindert wird. Die inspiratorische Nachwirkung erleidet ferner sehr wahrscheinlich eine sogar grössere Einbusse als die Hemmungsnachwirkung. Da wir doch aber wissen, dass weder die Hemmungs- noch die Actionsimpulse vernichtet werden, dass sie vielmehr in ihren resp. Centren voll und ganz abklingen, so können wir wohl annehmen, dass bei jeder Respiration Reste von Hemmungs- und Inspirationsimpulsen in den Centren übrig bleiben, und da diese Reste mehrere Respirationen überdauern, so müssen sie sich immer mehr und mehr zu grösseren Werthen summiren. Daraus folgt, dass in den Athemcentren ein Vorrath von Impulsen, ein Tonus der Hemmung sowohl als der

[1] A. a. O. *Dies Archiv.* 1880.

Digitized by Google

Inspiration existirt, der durch die Lungenreize hervorgerufen und durch die Fortdauer der Lungenbewegung immer stärker wird. Da ferner die Nachwirkung der inspiratorischen Reize viel länger währt als die der Hemmung, so folgt daraus, dass der Inspirationstonus ein bei Weitem stärkerer sein muss, als der Hemmungstonus.

§ 35. Der Grad der Lungendehnung während der normalen Exspiration ist also, nach dem Vorangehenden, ein solcher, bei dem Hemmungs- und Inspirationsnerven gleichzeitig gereizt werden. Die Lunge enthält dann noch immer $^6/_7$ der gesammten Luftmenge. Wenn die Analogie mit der elektrischen Reizung richtig ist, dann muss bei weiterem Zusammenfallen der Lunge ein Dehnungsgrad erreicht werden, bei dem nur die Inspirationsnerven gereizt werden.

Ich habe oben als einen dritten Dehnungsgrad den Zustand angeführt, in welchem die Lunge sich am Ende einer tiefen Exspiration befindet. Um bekannte Grenzpunkte weiter auszunutzen, könnte ich hinzufügen, dass der Collapszustand, d. h. der Zustand, bei dem die Lunge nur noch „Minimalluft" enthält, vielleicht die untere Grenze der wirksamen Reize, den Schwellenwerth darstellt. Es sind dies aber rein willkürliche Annahmen und haben zunächst gar keinen besonderen Werth. Wichtig ist mir nur die Annahme, dass beim Zusammenfallen der Lunge aus dem Zustande der normalen Exspiration in den Collapszustand die Lunge Dehnungsgrade durchlaufen muss, bei denen die Inspirationsfasern allein gereizt werden müssen; darum verursacht das Collabiren der Lunge eine neue Inspiration. — Dass eine geringe Suction bereits einen inspiratorischen Einfluss bewirken kann spricht dafür, dass die obere Grenze unserer Reizscala ziemlich hoch liegt. Für den Umfang dieser Scala haben wir keine wesentlichen Anhaltspunkte und wollen wir uns hier damit auch nicht weiter abgeben. — Ich stimme also mit der Hering'schen Schule überein, dass der Act des Collabirens einen positiven inspiratorischen Reiz involvirt, nur ist dieser Reiz nach meiner Ansicht nichts anderes als ein geringer Dehnungsgrad. Der Unterschied ist nur ein quantitativer — als wäre die secundäre Rolle von 100 RA. auf 500 RA. zurückgeschoben worden, — während nach der Meinung der Hering'schen Schule dieser Unterschied ein qualitativer ist. Um diesen Unterschied durch eine Consequenz drastisch zu illustriren, will ich sagen, dass nach meiner Ansicht der Reiz um so geringer werden würde, je mehr die Lunge collabirt, so dass eine atelektatische Lunge gar keinen Reiz ausübt, während nach der Hering'schen Schule der Reiz mit dem weiteren Zusammenfallen der Lunge um so stärker werden müsste, so dass die Atelektase eigentlich den höchsten Reiz ausüben sollte!

Digitized by Google

Der Lungencollaps schliesst in sich noch zwei andere inspirationsbefördernder Momente. Indem durch den Collaps jedweder Reiz für die Hemmung völlig ausfällt, kann nunmehr erstens die lange Nachwirkung der vorher bestandenen Inspirationsreize der starken Dehnung völlig unbehindert zum Vorschein kommen; ferner würde diese Nachwirkung durch den stets vorhandenen stärkeren Inspirationstonus, der jetzt durch neue Hemmungsimpulse nicht mehr verdeckt werden kann, unterstützt werden. Man könnte sogar meinen, dass diese Momente allein ausreichen werden, die inspiratorischen Erscheinungen zu erklären, die bei Eröffnen des Thorax auftreten. Das Eröffnen des Thorax oder die Suction werden also keine positive, sondern nur negative Vorgänge sein, die Ausfallserscheinungen bewirken und den reizlosen Durchtrennungen der Vagi gleich zu stellen wären. Diese Erklärungsweise ist von Gad in der That den gedachten Erscheinungen gegeben worden, nachdem er die Beobachtung gemacht hatte, dass reizlose Durchtrennungen der Vagi (Durchfrieren) das Ueberwiegen der Inspiration fördern. Gegen diese Auffassung hat indessen Head[1] die von ihm beobachtete Thatsache geltend gemacht, dass das Eröffnen des Thorax oder eine momentane Suction eine viel stärkere Inspiration bewirkt, als sie durch reizlose Durchtrennung der Vagi bewirkt werden kann, was in der That darauf hinzuweisen scheint, dass die Verminderung des Lungenvolumens auch einen positiven Reiz involvirt.

§ 37. Die eben erwähnte Thatsache könnte auch zugleich als Beweis dafür benutzt werden, dass Inspirationsnervenfasern bis in die Lunge selbst hinabreichen. Diese Voraussetzung ist früher wohl ganz unbestritten von allen Autoren angenommen worden. Die bestrittene Frage war nur die, ob auch Exspirationsfasern dahin gelangen, was nun durch die Versuche von Hering und Breuer in positivem Sinne beantwortet worden ist. Jetzt ist durch das Eintreten Gad's die Frage eine umgekehrte geworden, ob nämlich Inspirationsfasern nach der Lunge gelangen. Wenn nun die Beobachtung von Head richtig ist, dass die Eröffnung der Pleura oder eine Suction an der Trachea eine deutlich grössere Inspiration veranlasst, als man sie nach reizloser Durchtrennung der Vagi beobachtet, so folgt daraus, dass das Collabiren der Lunge ein Reiz für die Inspiration ist und dass dieser von der Lunge aus durch die Vagi geleitet wird. Mir scheint, dass auch das Phaenomen der verkehrten oder negativen inspiratorischen Nachwirkung bei der Lungendehnung fast ein ebenso guter Beweis dafür ist, dass inspiratorische Nervenfasern in der Lunge sich befinden müssen.

[1] Head, a. a. O., S. 285.

Digitized by Google

Für alle Fälle ist eine solche Annahme mindestens zulässig; Beweise gegen sie liegen nicht vor. Das von Gad beobachtete Erscheinen von inspiratorischem Uebergewichte nach reizloser Durchtrennung der Vagi kann doch gewiss nicht als solcher Beweis angesehen werden. Wir können daraus nur schliessen, dass unter den zufliessenden Impulsen von der Lunge aus die Hemmung das Uebergewicht hatte; ganz so wie etwa die Vermehrung der Herzschläge nach Durchtrennung der Froschvagi nicht dafür als Beweis dienen kann, dass im Vagus keine Beschleunigungsfasern enthalten sind. Im Vagus sind Acceleransfasern enthalten;[1] nur haben die Hemmungsfasern einen Tonus und die Hemmung überwiegt, daher die Beschleunigung nach Wegfall des Hemmungstonus. Ich habe schon früher darauf hingewiesen, dass nach plötzlicher Unterbrechung der Lungenreize in Folge der langen Nachwirkung der eben unterbrochenen Inspirationsreize eine ansehnliche Inspiration entstehen müsse, die darum allein schon länger dauern wird, weil sie durch sich selbst nicht mehr unterbrochen werden kann. Ferner dürfte der durch die Inspiration entwickelte starke Tonus der Inspirationsimpulse für lange Zeit der Inspiration ein Uebergewicht geben. Endlich könnte allerdings auch gesagt werden, dass in den übrig bleibenden Reizen, welche nach Durchtrennung der Vagi die Respiration unterhalten, die Reize für die Inspiration das Uebergewicht haben.

Ich brauche eigentlich kaum besonders zu erwähnen, dass ich nicht aus meinen Versuchen am Vagusstamme die Schlüsse zog, dass beiderlei Nervenfasern auch in der Lunge vorkommen müssen. In dieser Beziehung stellte ich mich eben ganz auf den Boden der Hering'schen Schule und habe höchstens die Beobachtungen von Head als Beweis für die erwähnte Annahme zu verwerthen gesucht. Ich habe nur die Ansicht aufgestellt, dass, wenn beiderlei Nervenfasern auch in der Lunge vorkommen, bei ihnen dieselben Gesetze und Bedingungen zu suchen wären, wie ich sie für die im Vagusstamme vorkommenden Nerven constatirt zu haben glaube.

Es könnte vielleicht befremdlich erscheinen anzunehmen, dass die Lungendehnung, wie sie in der normalen Inspiration vorkommt, einen ebenso starken Reiz darstellen soll, wie es die sehr starken elektrischen Reize sind. Darauf möchte ich Folgendes bemerken. Erstens mag die Dehnung der normalen Inspiration in der That ein beträchtlicher Reiz sein, wenn wir, wie ich es thue, erst die Atelektase als den Nullpunkt dieser Reizungsart ansehen. Zweitens muss man bedenken, dass die Lunge stets, auch während der Exspiration, bis zu einem beträchtlichen Grade gedehnt bleibt, wodurch die Erregbarkeit für diese specifische Reizart

[1] Heidenhain, a. a. O.

Digitized by Google

bedeutend empfindlicher sein mag. Endlich wollen wir auch daran denken, dass die Lunge die peripherische Ausbreitung der zugehörigen Nerven darstellt. Wir wissen aber von den allgemeinen Reflexen, wie viel leichter es ist diese Reflexe von der Peripherie (Haut) aus auszulösen als von den zugehörigen Nervenstämmen.

VI.

§ 38. Meine hier entwickelten Vorstellungen über die Art, wie die Lungenbewegungen an der Unterhaltung der Athmung sich betheiligen, haben selbstverständlich zur Voraussetzung, dass die Lungenreflexe beim Zustandekommen der Athmung sich wesentlich betheiligen. Für eine weitere Stellungsnahme hinsichtlich der gesammten bei der Respiration betheiligten Factoren verpflichtet mich meine Theorie nicht. Ich kann z. B. neben der Vertheidigung meiner Theorie wohl die Ansicht acceptiren, dass neben den Lungenreflexen auch das venöse Blut normalerweise einen Reiz auf die Nervencentren ausübt. Ich will indessen bekennen, dass das zur Entscheidung der bezüglichen Frage bis jetzt vorhandene Untersuchungsmaterial mir noch nicht genügend zu beweisen scheint, dass das Blut wirklich ein Erregungsfactor sei. Ich empfange vielmehr den Eindruck, dass die vorhandenen Thatsachen viel eher zu Gunsten der Auffassung sprechen, dass die gesammte Athmung nervösen Ursprungs ist.

Wohl ist es durch unzählige Experimente und gesicherte Thatsachen evident erwiesen, dass die Zusammensetzung des Blutes von grösster Bedeutung für die Athmung ist. Ich habe aber noch nicht bemerkt, dass bei der Deutung dieser Versuche der Unterschied zwischen Ursache und Bedingung klar auseinander gehalten worden ist. Welcher Versuch zeigt sicher, dass z. B. die Venosität des Blutes das Inspirationscentrum erregt? Soweit ich die Versuche übersehe, glaube ich, dass jeder derselben so gedeutet werden kann, dass die Veränderung der Bestandtheile des Blutes die Erregbarkeit der Centren bedeutend alterirt. Die starke Ueberladung des Blutes mit Kohlensäure mag die Erregbarkeit des Inspirationscentrum derartig erhöhen, dass auch die kleinsten Reize ausreichen würden, um Inspirationen auszulösen; eine starke Sättigung mit Sauerstoff hingegen setzt vielleicht die Erregbarkeit des Centrum so bedeutend herunter, dass nur sehr starke Reize im Stande sind die Respiration in Bewegung zu erhalten. Dabei ist Folgendes zu bedenken: Das Blut hat eine wesentliche Bedeutung auch für alle anderen von Centren controlirten Functionen des Organismus. Bei diesen wird ohne Weiteres angenommen, dass das Blut nur eine nutritive Bedeutung hat. Warum sollten wir bei der Athmung eine Ausnahme machen? Diese Frage hat eben eine

Digitized by Google

generelle Bedeutung. Kann überhaupt das Blut die Centralorgane erregen? Wenn ja, warum sehen wir denn nicht, dass auch andere Functionen, die nur temporär arbeiten, sehr häufig ganz ohne peripheren Grund ablaufen? Warum z. B. sehen wir nicht, dass oft ohne peripheren Reiz geschluckt wird? Das Blut trifft ja auch das Schluckcentrum so gut wie das Athemcentrum. Wir können dies nicht etwa dadurch erklären wollen, dass das Schluckcentrum schwerer erregbar ist als das Athemcentrum. Wir haben ja oben (§ 4.) gesehen, wie die Schluckfasern des Laryngeus superior gerade bei derselben Reizstärke erregt werden wie die Respirationsfasern.

Auf der anderen Seite ist es sicher, dass die Athmungscentren durch periphere Reizungen erregt werden können. Von den Stämmen des Vagus, Laryngeus superior, Glossopharyngeus (Marckwald), Trigeminus, von den Lungen, durch die Sinne und von der Haut aus lässt sich die Athmung deutlich beeinflussen und im Unterschied von den Bluteinflüssen lassen sich die Reflexeinflüsse plausiblerweise gar nicht anders deuten, als dass sie die Athmungscentren direct erregen. Wir sehen ferner, dass nach Durchtrennung der Vagi und der Medulla oblongata oberhalb des Athmungscentrums die Athmung so ausserordentlich verändert wird, dass die Thiere bald nach der Athemanstrengung zu Grunde gehen.[1] Die Circulation wird bei diesen Abtrennungen nicht verändert. Wie ist nun diese Erscheinung anders zu erklären als durch die Annahme, dass durch den Ausfall eines beträchtlichen Theiles der Nervenverbindungen die Athmungscentren den wesentlichen Theil ihrer Reize eingebüsst haben? Dabei ist es beachtenswerth, dass eine Abtrennung des Rückenmarkes weder für sich allein, noch in Verbindung mit der Durchtrennung der Vagi irgend welche nennenswerthe Veränderung an der bestehenden Athmungsform hervorzurufen vermag. Wenn aber das Blut ein Haupterreger wäre, sollte man doch kaum erwarten, dass eine solche Veränderung in der Circulation, wie sie durch die Abtrennung des Rückenmarkes hervorgerufen wird (Splanchnici!), ganz ohne Reaction auf die Athmung bleiben würde.

Ob die bekannten Angaben Rach's, dass nach Durchtrennung aller centripetalen Fasern die Athmung ganz aufhört, richtig sind, ist für das Gesammturtheil von geringerer Bedeutung. Es genügt ja das, was sein Hauptwidersacher, I. Rosenthal,[2] zugiebt, dass nämlich dabei die Athmung von 22 auf 6 Respirationen (in 15 Secunden) herunterging. Dabei wollen wir nicht vergessen, dass es in der That kaum möglich sein dürfte alle centripetalen Nerven zu durchtrennen, ohne das Thier anderweitig zu Grunde zu richten; die Phrenici z. B. enthalten ja auch sensible Nerven-

[1] Marckwald, a. a. O.

[2] Rosenthal, *Dies Archiv.* 1865.

Digitized by Google

fasern. Für alle Fälle bleiben nach allen zulässigen Durchtrennungen noch genügend intacte centripetale Nerven übrig, die zur Unterhaltung des kleinen Respirationsrestes ausreichen dürften. Nach Durchtrennung von Vagi und Medulla oblongata werden ja die Respirationsreflexe bedeutend wirksamer; Hautreize, die vorher ungenügend waren die Respiration zu beeinflussen, können nach den gedachten Durchschneidungen bedeutende Inspirationen auslösen (Marckwald).[1] Es ist eben überraschend mit welcher Geschwindigkeit und Praecision gewisse vorher unthätig gewesene Nervenbahnen vicariirend für andere ausgeschaltete Bahnen einspringen können. Das Verhältniss der Nervenbahnen, die von oben her in die Medulla münden, zu den Vagis stellt ein solches interessantes Beispiel dar. Eine Durchtrennung der Medulla oberhalb des Athmungscentrum verändert die Athmung in keinerlei Weise; die hiermit ausgeschalteten Nervenbahnen sind also normalerweise unthätig. Eine hinzutretende Vagisection verändert die Athmung ausserordentlich. Dennoch bewirkt eine alleinige Vagisection eine relativ nur geringe Veränderung, weil offenbar in diesem Falle die oberen Nervenbahnen vicariirend einspringen. Nebenbei bemerkt, warum springt das Blut niemals für ausgeschaltete Nervenbahnen ein, wie die Nerventheile es für einander thun?

Wir haben also auf der einen Seite gar keine Beweise, dass das Blut die Athmungscentren wirklich erregen kann, und dabei liegen gewisse Gründe gegen eine solche Annahme vor. Auf der anderen Seite sehen wir, dass ungefähr proportional der fortschreitenden Ausschaltung von centripetalen Nervenbahnen die Athmung bis auf ein Geringes reducirt wird. Der directe Zusammenhang des Athmungsrestes mit dem intact gebliebenen Reste der centripetalen Bahnen ist zwar noch nicht nachgewiesen; der Mangel dieses Nachweises dürfte indessen kaum den Gesammteindruck zu trüben vermögen, der sich dahin zuspitzt, dass die gesammte Erregung der Athmung durch Reize besorgt wird, welche auf dem Reflexwege von der gesammten Peripherie des Organismus den Athmungscentren zugeführt werden; das Blut hingegen habe für die Athmungscentren nur die Bedeutung, dass es deren Erregbarkeit controlirt.

§. 39. Die eben erwähnte Auffassung hat sich indessen noch mit einer wichtigen Frage abzufinden. Wie kommt nach der Durchtrennung der Vagi der Wechsel zwischen Inspiration und Exspiration zu Stande?

Ich will hier bemerken, dass auch für die Gad'sche Theorie diese Frage noch eine offene ist. Was veranlasst, nach Gad, den auf constanter Höhe verharrenden Inspirationsreiz zu einer intermittirenden Entladung, nachdem der hemmende Einfluss der Lungendehnung wegfällt? Denn auch nach

[1] Marckwald, a. a. O.

Digitized by Google

Gad bleibt die Athmung nach Durchtrennung der Vagi vollkommen rhythmisch, wenn auch das Gleichgewicht des Thorax ein wenig mehr im inspiratorischen Sinne verschoben wird. Es ist mir nicht bekannt geworden, ob und wie Gad das Erscheinen der Exspiration nach Durchtrennen der Vagi zu erklären versucht hat: in den mir zugänglichen Arbeiten habe ich eine solche Erklärung nicht gefunden. — In den nach Ausschaltung der Vagi übrig bleibenden centripetalen Nerven sind gewiss Fasern sowohl für In- als auch für Exspiration enthalten. Aber warum ist das Resultat der gleichzeitigen und gleichmässigen Reizung beiderlei Nerven ein Wechsel und nicht vielmehr eine constant verharrende Resultante?

Man könnte daran denken, den hypothetischen Widerstand, den Rosenthal für den Uebergang der nach ihm vom Blute kommenden Reize auf die motorischen Nerven annimmt, auch für die Reflexreize zu beanspruchen, — kurz, die Rosenthal'sche Erklärung des Rhythmus zu acceptiren. Zunächst braucht dieser Widerstand wiederum eine Erklärung; denn nach Rosenthal[1] ist seine Hypothese „nicht viel mehr als ein Bild oder Gleichniss". Ferner würde ja der Rhythmus nach dem Wegfall der Vagi ein ganz anderer sein müssen, als bei Anwesenheit derselben. Während nämlich bei Anwesenheit der Vagi die Exspiration durch eine Erregung von Hemmungsnerven zu Stande kommt, die Exspiration also gleich der Inspiration einer positiven Nervenerregung ihre Entstehung verdanken, würde nach Durchtrennung der Vagi die Exspiration, wenn wir Rosenthal's Hypothese acceptiren wollten, nur etwas Negatives sein, der Mangel einer Inspiration, was ich schon darum allein nicht glaube, da wir doch auch nach Durchtrennung der Vagi Hemmungsimpulse führende Nerven vorfinden (Trigeminus, Splanchnicus u. s. w.)

Wir wollen uns auch nicht damit begnügen, auf die von Marckwald[2] gelegentlich seiner Besprechung der Rückenmarksathmung herangezogenen Beobachtungen hinzuweisen, wonach continuirliche Reize rhythmische Bewegungen auslösen. Dadurch würde ja keine Erklärung geboten werden; wir würdon nur die Zahl der erklärungsbedürftigen Phaenomene vergrössern. Wir wollen uns vielmehr danach umsehen, ob wir nicht auch nach Durchtrennung der Vagi doch noch einige der Momente wirksam finden könnten, die wir bei intacten Vagis als die treibenden Kräfte erkannten.

Zunächst müssen wir daran denken, dass jede Inspiration nicht nur eine Lungendehnung bewirkt, sondern auch noch einen Druck auf die Umgebung ausübt, der auch nach Vagotomie bestehen bleibt. Da könnten wir uns vorstellen, dass z. B. der Druck, der bei der Inspiration auf die Bauch-eingeweide ausgeübt wird, die Splanchnici reizt, von denen wir wissen, dass

[1] Rosenthal, *Hermann's Handb.* Bd. IV., 2, S. 282.
[2] Marckwald, a. a. O., S. 37.

Digitized by Google

sie einen hemmenden Einfluss auf die Athmung ausüben können.[1] Die Thatsache, dass durch die Durchschneidung des Rückenmarkes die Athmung nur wenig beeinflusst wird, spricht wenig, wie wir bereits oben dargethan haben, gegen eine Annahme, dass der intacte Nerv für ausgeschaltete Nerventheile vicariirend einspringen kann. Uebrigens veranlasst eine Rückenmarksdurchtrennung, nach Marckwald u. A., doch eine gewisse Beschleunigung der Athmung. Ferner wird mit jeder In- und Exspiration eine Schwankung im intrathoracalen Drucke hervorgebracht, und somit entsteht eine Schwankung im Drucke, der auf die Pleura costalis und das angrenzende Gewebe lastet, wobei noch andere als Vagusfasern in einem gewissen Sinne gereizt werden mögen. Dass die bezüglichen Drücke sich in allen Phasen unterhalb des Atmosphaerendruckes befinden, sollte eigentlich kein Hinderniss sein, diese Schwankung als einen rhythmischen Reizfactor zu verwerthen, da es doch wesentlich auf Veränderungen im Drucke ankommt. Die Angabe Kohts', dass durch Reizung der Pleura Husten ausgelöst wird, und die Ansicht der meisten Kliniker, dass Pleuritis auch ohne Betheiligung der Bronchien Husten veranlasse, könnte im gedachten Sinne einige Verwerthung finden. In dieser Hinsicht ist auch folgende Bemerkung von Head[2] für den in Rede stehenden Punkt von Interesse: „The inflation must always be made with care; for if the air is violently blown into the lungs, an inspiration always precedes the inhibitory pause. This is especially the case with animals, that are but lightly narcotized. It is in all probability due to stimulation of some sensory nerve in the body-wall, for I have seen it in but lightly narcotized animals even after division of the vagi". Die Einblasungen unterscheiden sich von den normalen Inspirationen dadurch, dass bei jenen der auf die Pleura costalis lastende Druck zunimmt, bei der normalen Inspiration abnimmt. Es ist auch erwähnenswerth, dass nach Angabe der Anatomen, der N. phrenicus Aeste an die Pleura abgiebt.[3]

Die eben erwähnten rhythmischen Factoren mögen für sich selbst zu schwach sein, die Athemreize allein zu besorgen; aber bei Anwesenheit anderer continuirlicher Reize für In- und Exspiration könnte die Rhythmicität der gedachten Factoren vielleicht doch dahin einen Ausschlag geben, dass einmal die Inspirationsreize, das andere Mal die Exspirationsreize wirksam werden. Gerade bei völliger Gleichheit der Reizstärken könnte schon ein minimaler Unterschied den Ausschlag geben.

§. 40. Wenn wir indessen auch von jedem Rhythmus in der Reizung absehen, so können wir, wenn wir einige unserer Erfahrungen

[1] Graham, *Pflüger's Arch.*, Bd. XXV.

[2] Head, a. a. O., S. 17.

[3] Vergl. Gegenbauer, *Anatomie des Menschen*, 2. Aufl., S. 893.

Digitized by Google

am Vagusstamme consultiren, uns recht wohl das Zustandekommen eines praecise arbeitenden Rhythmus zurechtlegen.

Beim Vagusstamme haben wir constatirt, dass schwächere Reizungen Inspirationsnerven erregen; Verstärkung der Reizung erregt auch die Exspirationsnerven, so dass bei recht starker Reizung die Exspirationsnerven ihre Antagonisten überwinden. Die erwünschte Stärke könnte aber auch durch Summation der Reize, d. h. durch längere Dauer der Reizung bei gleichbleibender Reizstärke erzielt werden. Wir wollen noch hinzusetzen, dass nach Langendorff[1] alle sensiblen Nerven bei schwacher Reizung inspiratorische, bei starker exspiratorische Wirkungen ausüben sollen, also eigentlich ähnlich wie beim Vagusstamme. Die Reize, welche von der Peripherie ausgehen, treffen wohl, nehmen wir an, Inspirations- und Exspirationsnerven stets gleichzeitig und sind stets von gleichmässiger Intensität. Die Intensität wird aber, bei längerer Einwirkung der Reize, durch Summation sich steigern. Nehmen wir ferner an, dass die Reize, welche die Peripherie in einer Zeiteinheit treffen, nicht stark genug sind, um irgend eine hinreichende Erregung zu veranlassen. Nach kurzer Zeit dürften die Erregungen sich indessen so weit summirt haben, dass sie die leichter erregbaren Inspirationsfasern erregen können und somit eine Inspiration auslösen. Bei weiterer Dauer der Reizung wächst allmählich die Intensität der Reize, welche auch die Exspirationsnerven treffen, zu einer solchen Höhe an, bei der diese Nerven nicht nur mit erregt werden, sondern auch das Uebergewicht erlangen und somit eine Exspiration hervorrufen. Wenn aber die wirksame Intensität, durch welche eine Exspiration hervorgerufen werden kann, erst durch eine längere Summation der Reize erzielt werden konnte, so ist es doch wohl richtig anzunehmen, dass eine ununterbrochene längere Fortdauer der Exspiration nicht recht möglich ist. Ein Reiz bewirkt einen Impuls, bei dessen Entladung der Werth dieses Reizes erschöpft ist. Zur Entstehung und Entladung eines neuen Impulses ist ein neuer Reiz von gleicher Stärke nöthig. Wenn aber zur Entladung eines Hemmungsimpulses eine langdauernde Summation von kleinen Reizen nöthig war, so wird mehr oder weniger bald nach der Entladung der accumulirten Impulse die Reizstärke auf den ursprünglichen Grad heruntersinken, bis sich die Reize wiederum zur genügenden Stärke summirt haben werden. Für die Inspiration wird eine solche Unterbrechung nicht eintreten, weil bei der grossen Erregbarkeit der Inspirationsnerven und bei der länger dauernden Reiznachwirkung dieser Nerven die Reize während dieser Nachwirkungszeit sich wiederum zum wirksamen Minimum summirt haben werden.

[1] Nach Rosenthal, in *Hermann's Hdb.*, Bd. IV., 2, S. 252.

Digitized by Google

Die eben entwickelte Vorstellung, wie bei gleichmässiger Intensität der Reizung und hoher Reizschwelle der gereizten Nerven durch Summation der Reize sich ein Rhythmus entwickeln muss, könnte in mancher Richtung fruchtbar sein. Ich werde aber hier von einem weiteren Eingehen auf diesen Gegenstand absehen. Ich möchte nur bemerken, dass solche Begriffe wie hohe Reizschwelle und Summation der Reize viel geläufigere und verständlichere Vorstellungen sind als der von Rosenthal zur Erklärung des Athemrhythmus hypothetisch angenommene „Widerstand" ist.

§. 41. Die verschiedene Ermüdbarkeit beiderlei nervösen Elemente und noch andere Verschiedenheiten mögen am Ende auch noch eine gewisse Rolle im Mechanismus spielen. Es sind indessen schon eine genügende Anzahl möglicher Punkte angeführt worden, die den Rhythmus nach Ausschaltung der Vagi erklären könnten. Zwei andere Factoren will ich indessen anführen, von denen ich glaube, dass sie im Mechanismus der Athmung wirklich eine Rolle spielen. Ich meine nämlich den Einfluss den die Uebung und die Vererbung auf die leichtere Entstehung des Athemrhythmus haben können und wohl auch wirklich haben.

Je öfter ein Centrum einer gewissen Function vorgestanden hat, um so leichter wird es dieselbe Function in der Zukunft besorgen können: die Ausübung einer Function hinterlässt im Centrum eine lang nachklingende Spur. Von unseren Inspirations- und Hemmungsimpulsen wissen wir, dass sie ausgesprochene Nachwirkungen besitzen; darum dürfen wir von den Athemcentren, die längere Zeit diese Impulse mit grosser Regelmässigkeit passiren lassen, erwarten, dass sie eine besondere Empfindlichkeit für unsere Impulse zeigen werden. Für die Inspirationsimpulse, die eine grössere Nachwirkung haben, müsste den Centren eine grössere Empfindlichkeit innewohnen, als für die Exspirationsimpulse. Die Centren müssten sich ferner die Neigung angeeignet haben, beiderlei Impulse abwechselnd sich entladen zu lassen.

Dass der Rhythmus eines dem Centralorgane mitgetheilten Vorganges sich da auch ohne die periphere Ursache erhalten kann, beweist z. B. das Verhalten des Pulses (und auch der Temperatur) gegenüber den Tageszeiten. Bekanntlich zeigt der Puls gleich nach den Mahlzeiten eine Beschleunigung. Diese Beschleunigung tritt nun auch an Hungertagen zu denselben Zeiten auf. Freilich ist dann das Verhältniss weniger ausgeprägt. Das Haftenbleiben des eben erwähnten Rhythmus am zugehörigen Centrum dürften wir eigentlich schon wegen der grossen Intervalle weniger vermuthen. Wie viel eher dürfen wir die Aneignung eines Rhythmus erwarten, der, wie bei der Athmung, während des ganzen Lebens jede 2—3 Secunden mit solcher Praecision sich wiederholt! Ich meine daher, dass auch nach

Digitized by Google

Durchtrennung der Vagi das Athmungscentrum die durch aussergewöhnliche Uebung erworbene Neigung behält, die gleichzeitig treffenden Reize für In- und Exspiration doch rhythmisch zu beantworten! Es ist aber ferner noch zu beachten, dass die Gelegenheit zur Erwerbung dieser Neigung sich durch unzählige Generationen im ganzen Säugethierreich wiederfindet, dass also diese erworbenen Eigenschaften sich bereits seit vielen, vielen Generationen vererben müssen. Demnach dürfen wir annehmen, dass das Athmungscentrum des neugeborenen Thieres (und Menschen) bereits gewisse Eigenschaften mitbringt: eine grosse Erregbarkeit für zugeführte Reize. eine leichtere Erregbarkeit für Inspiration als für Exspiration und eine Neigung die In- und Exspiration mit einander abwechseln zu lassen, d. h. wenn eine Phase längere Zeit gedauert hat, sinkt die Empfänglichkeit für diese und wächst die Empfänglichkeit für die andere Phase. Demnach würde auch dann ein Wechsel zwischen In- und Exspiration eintreten können, wenn beiderlei zuleitenden Nervenarten den sie treffenden Reizen gegenüber in allen Beziehungen vollkommen gleich wären, was, wie wir früher gesehen haben, sie nicht sind.

Fassen wir Alles kurz zusammen. Das neugeborene Thier hat durch Ererbung erworbener Eigenschaften ein für periphere Reize sehr empfindliches, rhythmisch reagirendes Athemcentrum, das jedoch für Inspiration erregbarer ist als für Exspiration. Die erste Inspiration entfaltet indess die Lunge, wodurch nunmehr ein sich selber regulirender Athemmechanismus entsteht, der alle nöthigen Reize in rhythmischer Weise mit grosser Pünktlichkeit besorgt, und somit wird der Rhythmus in specifischer Weise ausschliesslich von der Lunge controlirt. Alle anderen von der Peripherie den Centren zufliessenden Reize kommen den Lungenreizen gegenüber normalerweise fast gar nicht zur Geltung. Erst bei Ausschaltung der Lungennerven treten die anderen reizführenden Nerven in ihre Rechte ein. Die Reizung selber geschieht jetzt freilich nur sehr wenig oder gar nicht rhythmisch. Der Rhythmus kommt jetzt zu Stande nur durch die angeborene und von Neuem durch die rhythmische Lungenthätigkeit verstärkte rhythmische Organisation des Athemcentrums, in Verbindung mit einem den Rhythmus stützenden Mechanismus, der auf gewisse Verschiedenheiten der Erregbarkeit der Inspirations- und Hemmungsnerven beruhen mag. Das Blut aber controlirt die Erregbarkeit und beherrscht dadurch die Athmung gerade so viel, als wenn es allein die Erregung der Centren besorgen würde!

Digitized by Google

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. VII—XII.)

Die Curven sind vermittelst eines Kronecker-Marckwald'schen Phrenographen gewonnen worden, der die Zwerchfellsbewegungen vermittelst eines Hebels auf die berusste Trommel direct aufträgt. Die Inspirationen sind nach oben gerichtet. In den ersten beiden Curven-Gruppen, *A.* und *B.*, gehen die Curven von rechts nach links; alle übrigen Curven laufen von links nach rechts. Ein Pfeil zeigt jedesmal die Richtung an. Alle Curven, die mit ein und demselben Buchstaben bezeichnet sind, sind von ein und demselben Thiere gewonnen worden. Ein Buchstabe bezeichnet also ein Versuchsthier. Die Zahlen bedeuten die Reihenfolge, in der die Curven gewonnen worden sind. Es sind hier selbstverständlich nicht alle gewonnenen Curven, sowie auch nicht alle Versuche wiedergegeben. Die Reizungen sind, wenn nicht ausdrücklich anders bemerkt, stets mit dem kleinen du Bois-Reymond'schen Schlitten, mit einem Daniell gespeist, ausgeführt worden.

Gruppe *A.* Grosses männliches Kaninchen. Curven von rechts nach links. — Curve 1 ist durch Reizung des linken Laryngeus sup. bei 400 RA. gewonnen worden. Die kleinen Erhebungen sind Schluckmarken. — Curve 2 vom linken Vagus, bei 350 RA.; Kreuzchen = Anfang der Reizung. Schwächere Reize ergaben keine merkliche Wirkung. — Curve 3 gleichfalls Vagus bei 350 RA.; Kreuzchen = Reizunterbrechung, Reiznachwirkung! — Curve 4. Vagus und Laryngeus zusammen bei 400 RA.; nur Laryngeus-Wirkung. — Curve 5. V. u. L. bei 350 RA., auch nur L.-Wirkung. — Curve 6, gleich darauf folgend und unter denselben Bedingungen. Der Curvenanfang bereits weniger ausgesprochene L.-Wirkung. — Die gleich darauffolgende Curve 7 unter denselben Bedingungen: ausgesprochene Vagus (Inspirations)-Wirkung mit nach unten gerichteten Schluckmarken. — Darauf Curve 8. L. allein bei 350 RA., nur L.-Wirkung, also nicht ermüdet. — Curve 9, wiederum V.-L. bei 350 RA., V.-Wirkung. Curve 10. V.-L. bei 300 RA., lange Reizung, V.-Wirkung mit Schluckmarken. — Curve 11. Vagus allein bei 300 RA., exspiratorische Wirkung, spärliche Schluckmarken, inspiratorische Nachwirkung. — Curve 12. V.-L. bei 100 RA., wie die vorige, nur häufigere Schluckmarken. — Curve 13. Vagus allein bei 200 RA., immer mehr absteigend bis Mittelstellung, inspiratorische Nachwirkung. — Curve 14. V.-L. bei 200 RA., wie die vorige, nur häufige Schluckmarken. — Curve 15. L. allein bei 200 RA., noch völlig wirksam.

Digitized by Google

Gruppe *B.* Grosses männliches Kaninchen. Bis Curve 16 linker Laryngeus sup. — Curve 1. L. bei 600 RA., Effect fast vollständig inspiratorisch; kleine nicht regelmässig auftretende Schluckmarken. — Curve 2. L. bei 500 RA. Beginn noch immer inspiratorisch, Schluckmarken ausgeprägt. — Curve 3, wiederum bei 600 RA., mehr Mittelstellung, sonst wie Curve 1. — Curve 4. Vagus bei 400 RA., inspiratorische Abkürzung und Verlangsamung. — Curve 5. L. bei 400 RA., exspiratorisch, starke Schluckmarken. — Curve 6. L. bei 350 RA., durch Schluckmarken fast nur Mittelstellung. — Curve 7. V. bei 350 RA., ausgesprochener inspiratorischer Stillstand. — Curve 8. V.-L. bei 350 RA., ausgesprochener exspiratorischer Stillstand, Schluckmarken nur niedrig. — Curve 9. V.-L. wiederum 350 RA., aufsteigende Mittelstellung, Schluckmarken wenig erkennbar. — Curve 10, wiederum V.-L., fast rein inspiratorischer Stillstand, Schluckmarken nur andeutungsweise. — Curve 11. V.-L. 300 RA., fast genau wie vorige. — Curve 12. V.-L. 400 RA., exspiratorisch mit ausgeprägten Schluckmarken. — Curve 13. V.-L. 350 RA., hoch inspiratorischer Stillstand, Schluckmarken angedeutet. — Curve 14. V. 400 RA., hoch inspiratorischer Stillstand. — Curve 15. L. 200 RA., hoch inspiratorisch mit Schluckmarken! — Curve 16, rechter L. bei 500 RA., exspiratorischer Stillstand mit ausgeprägten Schluckmarken. — Curve 17, beide L. und linker V., bei 200 RA., inspiratorischer Stillstand mit niedrigen Schluckmarken. — Curve 18, wie vorher 2 L. u. V. bei 200 RA., Inspirationen abgewechselt mit activen Exspirationen, zwischen ihnen kurze inspiratorische Pausen; nach Aufhören der Reizung bei × beträchtliche inspiratorische Nachwirkung, Schluckmarken? — Curve 19, 2 L. und V. bei 100 RA., allmähliches, tiefes exspiratorisches Heruntersteigen, regelmässige klonische Krämpfe der Exspiration, Schluckmarken? Allmählich aufsteigende inspiratorische Nachwirkungen. — Curve 20, ein exspiratorischer Stillstand tief unterhalb des exspiratorischen Niveau (tonischer Krampf der Exspiratoren?), häufige Schluckmarken angedeutet.

Die Curven 1—6 von der Gruppe *C.* (männliches Kaninchen) von links nach rechts, wie alle nachfolgenden Curvenstellen, ein allmähliches Herabsinken des inspiratorischen Stillstandes zum exspiratorischen beim Verschieben der secundären Rolle von 130 bis auf 35, wobei auch der Einfluss der Dauer der Reizung auf das Herabsinken ein wenig erkennbar ist.

Die vereinzelte Curve des Versuchsthieres *D.* sollte nur zeigen, wie bei starker Reizung des L. sup. ein inspiratorischer Stillstand mit Schluckmarken erzielt werden kann. Aehnliches stellte auch die vorhin beschriebene Curve *B.* 15 dar. Der inspiratorische Effekt rührt wahrscheinlich von Stromschleifen zum Vagus her.

Gruppe *F.* Männliches mittelgrosses Kaninchen, Medulla oberhalb des Athemcentrum durchtrennt, Reizung beginnt stets bei × und hört bei 1 auf. — Curve 1. L. bei 350, exspiratorischer Stillstand, keine Schluckmarken, exspiratorische Nachwirkung. — Curve 2. L. bei 300, genau wie vorher. — Curve 3. V. bei 200, Athembeschleunigung und inspiratorische Vertiefung. — Curve 4. V. bei 175, Beschleunigung und Verkürzung im inspiratorischen Sinne. — Curve 5. V. bei 150, beschleunigt und noch mehr verkürzt. — Curve 6. V. bei 140, nunmehr je länger die Reizung, desto kürzer die Inspiration, so dass in den Curven 7 und 8, wo V. bei resp. 130, 120 RA., gereizt wird, die Curven immer mehr exspiratorisch werden, um bei 110 (Curve 9) vollständig ausgebildeten exspiratorischen Stillstand zu zeigen. — In Curve 10 V. wiederum bei 200 RA., ausgesprochener inspiratorischer Effekt!

Digitized by Google

Bei dem oben erwähnten Versuchsthiere konnten, wie die Curven 1 und 2 zeigten, vom Laryngeus sup. aus keine Schlucke ausgelöst werden; die Medulla obl. war dicht oberhalb des Athemcentrums durchtrennt. Ich hatte mir damals, 1882, als dieser Versuch angestellt worden ist, die Vorstellung gemacht, dass durch den Schnitt das Schluckcentrum ausgeschaltet worden ist. Inzwischen hat M. Marckwald[1] durch ausführliche Versuche den Sitz des Schluckcentrums näher ermittelt, der sich in der That oberhalb des Athemcentrums befindet. Ich brauche kaum zu betonen, dass meine Bemerkung Marckwald's Prioritätsrecht in keiner Weise beeinträchtigt; im Gegentheil, sein schöner Fund sollte durch meinen Versuch nur bestätigt werden.

Gruppe *H.* Grosses weibliches Kaninchen. Gehirn abgetrennt, Rückenmark in der Höhe des 7. Halswirbels durchschnitten, zuerst nur der linke Vagus durchschnitten und gereizt; nur Vagus allein gereizt. — Curve 1 bei 400 RA., nur verlängerte exspiratorische Pausen. — Curve 2 bei 300 RA., exspiratorischer Stillstand mit secundärer exspiratorischer Nachwirkung. — Curve 3 bei 250 RA., exspiratorischer Stillstand, unterbrochen durch eine starke Inspiration. — Curve 4 bei 200 RA., niedrige Mittelstellung. — Curve 5 bei 160 RA., höhere Mittelstellung mit entsprechender Nachwirkung. — Curve 6 bei 100 RA., wiederum ausgesprochener exspiratorischer Stillstand mit langer, conträrer Nachwirkung. — Nach Durchtrennung auch des rechten Vagus wurden die exspiratorischen Athempausen bedeutend verlängert. — Curve 7, rechter Vagus bei 400 RA., exspiratorischer Stillstand, exspiratorische Nachwirkung. — Curve 8. 2 V. bei 300 RA., exspiratorischer Stillstand, die exspiratorische Nachwirkung noch ausgesprochener. — Curve 9., 2 V. bei 250 RA., fast wie vorher, Nachwirkung noch deutlicher. Bei || Aufhören der Reizung. — Curve 10. 2 V. bei 200 RA., ausgesprochener exspiratorischer Stillstand, keine exspiratorische Nachwirkung, sondern eine sehr starke, langdauernde inspiratorische Nachwirkung. — Curve 11. 2 V. bei 175 RA., wie vorher, verkehrte Nachwirkung weniger lang. — Curve 12. 2 V. bei 150 RA., fast wie vorher. — Curve 13. 2 V. bei 125 RA., wie vorher, nur der verkehrte inspiratorische Tetanus noch viel länger. In keinem der exspiratorischen Stillstände war active Exspiration vorhanden. Die Autopsie zeigte die völlig gelungene Abtrennung des Rückenmarks.

Gruppe *I.* Mittelgrosses weibliches Kaninchen. Gehirn abgetrennt. Zuerst war der linke Vagus durchschnitten und gereizt. — Curve 1. l. V. bei 150 RA., exspiratorischer Stillstand, geringe exspiratorische Nachwirkung. — Curve 2. L. bei 150, exspiratorischer Stillstand, Schluckmarken, geringe exspiratorische Nachwirkung. — Curve 3. V.-L. bei 150 RA., fast wie bei L. allein, Nachwirkung etwas länger. — Curve 4. V.-L., wie vorher, nur noch viel längere exspiratorische Nachwirkung. Nunmehr rechter Vagus auch durchschnitten, grössere exspiratorische Athempausen. — Curve 5. 2 V. bei 450 RA., geringer exspiratorischer Einfluss. — Curve 6. 2 V. bei 400, exspiratorischer Stillstand. — Curve 7. 2 V. bei 350 RA., exspiratorischer Stillstand, geringe exspiratorische Nachwirkung. — Curve 8. 2 V. bei 300 RA., wie vorher, nur noch etwas längere Nachwirkung, trotz der kurzen Reizdauer. — Curve 9. 2 V. bei 150 RA., exspiratorischer Stillstand mit langer exspiratorischer Nachwirkung. — Curve 10. 2 V. und L. bei 150 RA., fast wie vorher nur noch Schluck-

[1] M. Marckwald, Ueber die Ausbreitung der Erregung und Hemmung vom Schluckcentrum auf das Athemcentrum. *Zeitschr. für Biologie.* Bd. XXV.

Digitized by Google

marken. — Curve 11. 2 V. und L. bei 150 RA., weniger Schluckmarken, längere exspiratorische Nachwirkung. Stärkere Reizungen sind bei diesen Thieren nicht versucht worden.

Gruppe *K.* Mittelgrosses männliches Kaninchen, Interferenzversuch. Vagus mit grossem Schlitten bei 200 RA. und L. mit kleinem Schlitten bei 350 RA. — Curve 1 zuerst L. allein (langsamer Abstieg, Schlucke), dann V. hinzu (Aufstieg zur Mittelstellung, mehr Schlucke?), dann L. ausgeschaltet und nur V. allein (noch höher, keine Schlucke). — Curve 2. V. allein (wenig unter inspiratorischem Niveau); L. hinzu (etwas tiefer, Schlucke), dann L. allein (langsam absteigend). — Curve 3. V. und L. zusammen (Stillstand etwa zwischen oberem und mittlerem Drittel, Schlucke), dann L. allein (langsam absteigend). — Curve 4, wiederum V. und L. zusammen (wie vorher), dann V. allein (ein wenig höher, ohne Schlucke). — Curve 5. V. und L. zusammen in exspiratorische Phase einfallend (etwas niedriger als in den vorigen Figuren), dann L. allein (langsam absteigend), dann V. allein (steil aufsteigend), dieselbe Höhe wie vorher, wenn V. allein). — Curve 6. V. und L., inspiratorische Phase, dann L. allein, dann V. allein, dann wiederum L. allein (Alles genau entsprechend, wie in den anderen Curven). — Curve 7. V. und L., inspiratorische Phase, dann V allein, dann L. allein, dann wiederum V. allein (nur Wiederholung des Vorhergehenden). Also V. und L. Mittelstellung oberhalb der Mitte, Phase ein wenig von Einfluss, V. allein stets etwas höher; L. allein stets langsamer Abstieg, V. allein stets steiler Aufstieg, V. und L. zusammen mehr Schlucke als L. allein, obschon bei V. manchmal gar keine Schlucke bemerkbar.

Gruppe *N.* Weibliches Kaninchen. Zuerst linker Vagus allein durchschnitten. — Curve 1. l. V. bei 350 RA., Beschleunigung und Abkürzung in beiden Richtungen. — Curve 2. l. V. bei 300 RA., nur niedrige Inspirationen. — Curve 3. l. V. bei 250 RA., exspiratorischer Stillstand. — Curve 4 bei 200 RA., exspiratorischer Stillstand mit geringer activer Exspiration; nach Aufhören der Reizung steiler Uebergang in eine hohe inspiratorische Nachwirkung. — Curve 5. (125), 6 (100), 7 (75) und 8 (50) RA. sind alle gleich, haben sehr tiefe active Exspirationen, steilen Uebergang in die „verkehrte Nachwirkung", nur kann man deutlich sehen, wie die Länge des inspiratorischen Tetanus proportional der Reizstärke wächst, und nicht mit der Dauer der Reizung. Man vergleiche die Curve 4 (200) mit der Curve 8 (50)! Jetzt auch rechter Vagus abgetrennt. — Curven 9 und 10. 2 V. bei 400 resp. 300 RA., einfache exspiratorische Stillstände ohne gleichsinnige oder verkehrte Nachwirkungen. Es erfolgte auch Gehirnabtrennung: die exspiratorischen Pausen wurden sehr gross und das Thier ging bald zu Grunde.

Gruppe *P.* Männliches Kaninchen. Rückenmark abgetrennt, zuerst linker Vagus allein durchtrennt und gereizt. — Curve 1. Linker V. bei 250 RA., rein inspiratorischer Effect, aber doch kein absoluter Stillstand. — Curve 2. l. V. bei 255 RA., nach kurzer Schwankung inspiratorischer Stillstand, geringe inspiratorische Nachwirkung. — Curve 3. l. V. bei 300 RA., zuerst inspiratorischer Stillstand, dann Schwankung, Nachwirkung noch geringer als vorher. — Curve 4. l. V. bei 175 RA., kurze Schwankung, inspiratorischer Stillstand. — Curve 5. l. V. bei 150 RA., Höhe ein wenig niedriger, Stillstand, Nachwirkung. — Curve 6. l. V. bei 125 RA., Stillstand, noch niedriger. — Curve 7. l. V. bei 100 RA., nicht klar genug. — Curve 8. l. V. bei 90 RA., exspiratorischer Abstieg, Nachwirkung nicht klar. — Curve 9. l. V. bei

Digitized by Google

80 RA., exspiratorischer Abstieg, ausgesprochene verkehrte Nachwirkung. Auch rechter Vagus durchtrennt. — Curve 10. 2 V. bei 200 RA., hoher inspiratorischer Stillstand, geringe Nachwirkung. — Curve 11. 2 V. bei 150 RA., exspiratorisches Absteigen, langsames Aufsteigen zur geringen verkehrten Nachwirkung. — Curve 12. 2 V. bei 125 RA., wie vorher, nur noch tiefer herabgestiegen. — Curve 13. 2 V. bei 100 RA., fast vollständiger exspiratorischer Stillstand. — Curve 14. 2 V. bei 90 RA., Stillstand ein wenig unterhalb des exspiratorischen Niveaus. Dasselbe bei Curven 15 (80) und 16 (70) RA., nur bei letzteren die verkehrte Nachwirkung am ausgesprochensten. Der Aufstieg zu dieser Nachwirkung bei allen langsam und bei den meisten noch durch eine Exspiration unterbrochen.

Gruppe *B*. Weibliches Kaninchen. Nur der eine linke Vagus durchtrennt und gereizt. — Curve 1 bei 280 RA., Einfluss wenig deutlich. — Curve 2 bei 260 RA., ausgesprochen exspiratorisch. — Curve 3 bei 240 RA., ausgesprochener exspiratorischer Stillstand mit ein wenig exspiratorischer Nachwirkung. — Curve 4 bei 200 RA., die Stillstandslinie verläuft ein wenig oberhalb des exspiratorischen Niveau. — Curve 5. Bei 200 RA., fast vollständig inspiratorischer Stillstand und ein wenig inspiratorische Nachwirkung. — Curve 6 bei 180 RA., beinahe wie die vorhergehende. — Curve 7 bei 160 RA., nur noch Mittelstellung. — Curve 8 bei 100 RA., ein Uebergang zwischen den vorhergehenden und nachfolgenden Curven. — Curve 9 bei 80 RA., exspiratorischer Stillstand, absteigend unterhalb des exspiratorischen Niveaus, langsames Aufsteigen zur ansehnlichen verkehrten Nachwirkung. — Curve 10 wiederum bei 80 RA., nicht so ausgesprochen, wie die vorhergehende Curve. — Curve 11 bei 75 RA., unterhalb des exspiratorischen Niveau, ein wenig active Exspiration, steiles Aufsteigen zur verkehrten Nachwirkung.

Digitized by Google

FEB 9 1893

Der Einfluss des Systems der Vena portae auf die Vertheilung des Blutes.

Von

F. Mall.

(Nach Versuchen in den physiologischen Instituten zu Worcester Mass., Clark University und zu Leipzig.)

Den Grundsätzen gemäss, nach welchen sich, wie E. H. Weber gelehrt und bewiesen hat, der Druck im Blutkreislauf regelt, war die Steigerung des Arteriendrucks während der Reizung des Halsmarks und der Nn. splanchnici einfach darauf zurückführen, dass die Ausdehnbarkeit der Gefässwand an gewissen Orten vermindert, und damit die Vertheilung der gleich gross gebliebenen Blutmenge verändert sei. — Da man nun sah dass während der Reizung der Nn. splanchnici die kleinen Arterien des Magens und Darms, während der des Halsmarks aber noch dazu die der Cutis, der Nieren und wenn auch in geringem Grade die der Skeletmuskeln verengt wurden, so fand man in den aus den arteriellen Lichtungen in die noch offen gebliebenen Stromwege eingetriebenen Blutmassen den zureichenden Grund für das Ansteigen des Drucks zunächst in den Hohlvenen und dann in der Aorta. — Nach einer Abschätzung der Räumlichkeiten liess sich diese Annahme wohl noch aufrecht erhalten, wenn es sich um die Folgen der Reizung des Halsmarks, kaum aber, wenn es sich um die der Nn. splanchnici handelte. Wirkungsvoller als die kleiner Arterien würde sich die Verengung der Venen namentlich ihrer Stämme erweisen. Bei der Grösse ihres Durchmessers beengen schon geringe Verminderungen desselben die Räumlichkeit bedeutend, und zum Austrieb des Inhaltes gehören mässige Kräfte, wegen der Geringfügigkeit der entgegentretenden Wider-

Digitized by Google

stände. Wie mächtig schon die unter das Mittelmaass herabgegangene Spannbarkeit der Venenwand des Darmcanals eingreift, zeigen die bekannten Versuche von Goltz[1] über Lähmung der Bauchvenen durch Quetschung und von Tappeiner[2] über den Blutdruck nach Pfortaderverschluss. Wichtig war Alles dies an und für sich, aber es brachte den Zustand der Vene noch keineswegs in einen Zusammenhang mit dem N. splanchnicus. Ihn herzustellen ist mir während einer längeren Beschäftigung[3] mit dem Bau und dem Verlauf der Bahnen des Blutstroms durch den Darmcanal gelungen. Unverfänglich geschah diess dadurch, dass der N. splanchnicus gereizt wurde während des zeitweiligen Verschlusses der Aorta hoch in der Brusthöhle. Ist die Aorta unterhalb der A. subclavia zusammengepresst, so empfangen von ihr aus die Darmarterien kein Blut mehr, aber es erhalten sich die grossen Aeste und der Stamm der V. portae auf einem mässigen Füllungsgrad; sie haben sich gegen den Widerstand der Leber nicht vollkommen entleert. Sogleich aber treiben sie ihren Inhalt bis zum Verschwinden der Lichtung aus, wenn der N. splanchnicus tetanisirt wird. In der kurzen Mittheilung, in welcher ich den Versuch beschrieb,[4] versprach ich eine Fortsetzung meiner Beobachtungen; wenn dem Leser die im Folgenden gegebenen Auskünfte noch ungenügend erscheinen, so möge er es mit der Schwierigkeit der Versuche und dem Umfangs der Aufgabe entschuldigen. Um die letztere zu lösen, wird es noch viele Stunden ernster Arbeit, oft genug die vereinter Kräfte bedürfen. Zu den verschiedenen Versuchsreihen, über welche ich zu berichten habe, gehören:

1. Die Vergleichung des Drucks in der Carotis bei Reizung der Nn. splanchnici mit offener und mit verschlossener Aortenlichtung. — Wenn sich die Aorta so verstopfen lässt, dass den Arterienästen unterhalb des Zwerchfells kein Blut mehr zufliesst, und wenn dann die Reizung des N. splanchnicus den Druck in der Carotis noch steigert, so ist damit streng bewiesen, dass nur die aus dem Portalsystem durch das Herz in das Aortenwerk eingeführten Blutmassen den Druck erhöht haben.

Die Aufgabe, dass aus der verstopften Brustaorta kein Blut mehr zu zu den unterhalb des Zwerchfells entspringenden Arterien gelange, ist erfüllt, wenn die unterbindende Schnur, am besten auf einem Ligatur-

---

[1] Virchow's *Archiv.* 29. Bd. 1864.

[2] *Berichte der sächs. Gesellschaft der Wissenschaften.* 1872.

[3] *Blut und Lymphwege des Darms.* Leipzig 1888. — The blood vessels of the stomach. Johns Hopkins *Hospital Reports.* vol. I. The intestinal contraction. — *Ibid.* Welch and Mall, Haemorrhagic infarction. *Ibid.*

[4] *Dies Archiv.* Supplementbd. 1890.

Digitized by Google

stäbchen, unmittelbar unter dem Ursprunge der Subclavia sinistra, angebracht wird. Frühere Beobachtungen bestätigend, traf ich nach der Unterbindung an dem genannten Orte die geöffnete Art. cruralis stets blutleer. Ein gleiches Ziel war durch die Umschnürung der Aorta unmittelbar über dem Zwerchfell nicht zu erreichen; war sie dort angelegt, so floss aus der geöffneten Schenkelarterie noch Blut.

Nach dem Verschluss der Aorta innerhalb der Brusthöhle ändert sich der in der Carotis vorhandene Druck in der fortschreitenden Zeit bekanntlich so, dass er unmittelbar nach der Verstopfung rasch und hoch aufsteigt; eben so plötzlich und steil als er emporging, sinkt er auch wieder; aber noch hoch über dem Stand des Drucks bei offener Lichtung kehrt das Sinken wieder um in ein Ansteigen, das jedoch nicht immer bis zu der unmittelbar nach dem Verschluss erlangten Höhe führt. Bei einer gewissen Grenze bleibt dann der Mittelwerth des Drucks längere Zeit unverändert, endlich aber steigt er sehr allmählich herab. — Ich gebe ein Beispiel aus Versuch. 14. — Die Zahlen bedeuten den Mittelwerth des Drucks aus je 10 Secunden. Die Messung ist nach den Vorschriften von Johannsson[1] ausgeführt. — Die Reihe der Zahlen schliesst sich unmittelbar an einander. Die erste derselben bezieht sich auf den Mitteldruck in den 10 Secunden unmittelbar vor der Zusohnürung. — 150 ‖ 196, 182, 176, 182, 194 ^{mm} Hg. Andre Beispiele siehe in Vers. 15, 17 mit Umbindung unterhalb der A. subclavia und Vers. 1, 2, 3 mit einer solchen nahe oberhalb des Zwerchfells.

Warum der Druck über die Zeit derartig verlaufen muss, ist mit Sicherheit nicht bekannt. Vielleicht erklärt sich die Erscheinung folgenderweise: Alle Gefässe, zu welchen die verschlossene Aorta kein Blut mehr sendet, entleeren ihren Inhalt bis sie auf eine Gleichgewichtslage niederen Drucks angelangt sind. Von der unteren Hohlvene aus wird das reichlicher als vordem herandringende Blut von dem rechten Herzen in die Lunge und von da in einen gegen früher sehr engen Gefässbezirk geworfen, woraus sich der hohe Mitteldruck erklärt. Die Schwankung über und unter dem Mittelwerthe des erhöhten Drucks, die in 10—20 Secunden unmittelbar nach der Verstopfung der Aorta sichtbar wird, könnte man ansprechen als einen in allen elastischen Gebilden sich abspielenden Vorgang, wenn sie aus einer ersten in eine zweite Gleichgewichtslage übergehen sollen. Werthvoller als ein solcher Gemeinplatz würde eine Angabe darüber sein, welche Stellen des noch vorhandenen Restes der Aortenbahn die Schwankung des Drucks veranlassen, ob sie rein physikalischen, oder nervösen Ursprungs sei.

---

[1] *Dies Archiv.* 1891.

Digitized by Google

Nach der Lösung des Unterbandes nimmt die Curve des Blutdrucks einen dem eben geschilderten entgegengesetzten Verlauf. Anfänglich sinkt sie tief unter und dann erhebt sie sich über den später behaupteten Mittelwerth. Für das anfängliche tiefe Absinken könnte die gesteigerte Ausdehnbarkeit in Anspruch genommen werden, denen die Wand der blutleeren Gefässe zu verfallen pflegt. Aber warum folgt hierauf ein über den Mittelwerth hinausgehender Druck?

Eine Berechtigung, die eben gestellten Fragen aufzuwerfen, giebt der Verlauf, welchen die Curve des Carotidendrucks nimmt, wenn die Aorta verschlossen ist und unmittelbar darauf die Splanchnici gereizt werden. Ein Beispiel aus Vers. 17 mag den Unterschied versinnlichen. Auch diesmal geben die Zahlen den Mittelwerth des Drucks aus je 10 Secunden. Die erste der Reihe vor dem ‖ ist unmittelbar nach dem Verschluss der Aorta gemessen, die zweite unmittelbar nach dem Beginn der hinzutretenden Reizung der Nn. splanchnici, die spätere während der fortdauernden Reizung — 180 ‖ 180. 200. 208 mm Hg. Andere Beispiele geben die Vers. 14, 9 und 10 —. Stets fehlt, wenn die Splanchnici den Druck emportreiben, die Schwankung desselben über und unter den späteren Mittelwerth, wie sie der Umschnürung der Aorta regelmässig folgt. Weil der Zufluss zum Herzen während der Nervenreizung allmählich fortschreitet, und weil unter diesen Umständen, wie namentlich auch die Beobachtungen Johannsson's zeigen, der Druck in der Carotis stetig steigt, so könnte das, was vorhin über die Ursachen ausgesprochen wurde, welche den Anfangstheil der Curve nach Aortenunterbindung formen, noch dahin ergänzt werden, dass im Beginne jenes Eingriffs der Strom zum Herzen ein schwankender sei — dann aber würde die Frage nach dem Warum noch zu beantworten sein.

Aus den bis dahin beispielsweise mitgetheilten Zahlen ist schon ersichtlich, dass die Unterbindung der Aorta geleistet hat, was von ihr gefordert wurde; nur darum, weil die Nn. splanchnici Blut aus den stromlosen in die durchströmten Gefässe überführen, vermögen sie in den letzteren den Druck zu steigern. Nach einer anderen Richtung hin, durch den Vergleich der Leistungsfähigkeit der Nn. splanchnici bei offener und verschlossener Aortenlichtung, wird der Versuch noch beachtenswerth. Das Maximum des Drucks wird durch die Nn. splanchnici erreicht, wenn die Aortenlichtung verschlossen wird. So z. B. (die Zahlen haben die früher angegebene Bedeutung):

Vers. 3. Aorta offen 128 ‖ 175, 216 mm Hg und Aorta verschlossen 197 | 201, 212, 224, 230 mm Hg und ähnlich in anderen Versuchen mit Reizung der Nn. splanchnici. Bei meinen zahlreichen an verschiedenen Hunden ausgeführten Reizungen sah ich bei offener Aorta den Druck

Digitized by Google

in der A. carotis nur selten 200 mm Hg erreichen, niemals über 216 mm Hg hinausgehen. Beim Verschluss der Aorta trieben dagegen die gereizten Nn. splanchnici regelmässig den Druck über 200 bis zu 270 mm Hg. hin. Dass der Druck so hoch steigen kann, ist zunächst das Verdienst des Herzens, denn dieses empfängt während der Ruhe und der Erregung der Nn. splanchnici das Blut aus der V. cava stets unter gleichem Druck. Denn davon, dass eine Erregung der Splanchnici, die den Druck in der Carotis emportreibt, gleiches nur sehr beschränkt in der Vena cava inferior erzielt, giebt Vers. 33 Nachricht. Wesentlich wird der Weg durch die Leber und die auf ihm unvermeidliche Reibung manche Verschiedenheit des Stromes ausgleichen. Dessungeachtet würde sich bei einem rascheren Zufluss das Blut in der V. cava inferior stauen, wenn das Herz die hinzuströmenden Massen nicht wegzuschaffen vermöchte, was, wie wir aus den Beobachtungen von Howell und Donaldson[1] am ausgeschnittenen und denen von Stolnikow[2] und Tigerstedt[3] am lebenden Herzen wissen, in der That geschieht.

Härtere Arbeit als dem rechten fällt dem linken Ventrikel zu, wenn er gegen einen Aortendruck von mehr als 200 mm arbeiten muss. Dürfen die von Waller[4] am Kaninchen festgestellten Thatsachen auf den Hund übertragen werden, so genügen bei so hohen Widerständen die Kräfte des linken Ventrikels nicht mehr, um seine Höhle vollständig zu entleeren und es geräth damit auch der Inhalt des Vorhofes in eine erhöhte Spannung, die sich durch die Lungenvenen hin fortpflanzt. Dann würden, wenn die ausgesprochenen Voraussetzungen eintreffen, auch die Nn. splanchnici auf den Lungenkreislauf freilich in vermittelter Weise einwirken.

Anders als die Maxima der erreichten Drücke verhalten sich die Unterschiede der vor und während der Reizung bestehenden. Bei offener Aorta treiben die gereizten Splanchnici den dann vorhandenen mässigen Druck um 60—80 mm Hg. empor, bei der verschlossenen Aorta dagegen übersteigt der Druck den vor der Reizung vorhandenen günstigsten Falls um 30—40 mm Hg.

Die Bedingungen, von welchen das Anwachsen bei offener und geschlossener Aorta abhängen, sind, jede für sich betrachtet, quantitativ verschieden. Bei geschlossener Aortenlichtung ist die im Portalsystem aufgespeicherte Blutmenge und ebenso der Raum, in den sie zu treten hat, geringer

---

[1] *Philosophical Transactions.* 1884.
[2] *Dies Archiv.* 1886.
[3] *Skandinavisches Archiv.* Bd. 3. 1891.
[4] *Dies* Archiv. 1878.

Digitized by Google

als bei offener. Je nachdem sich die den Druckzuwachs bedingenden Grössen — die auszuweitende Räumlichkeit, die Dehnbarkeit der Wand und die umgeschaltete Blutmenge — zu einander verhalten, kann der Erfolg der Splanchnicusreizung sehr verschieden ausfallen, immerhin aber ist es wahrscheinlich, dass Eintritt und Bestehen einer schwachen Erregung des Splanchnicus am sichersten bei geschlossener Aorta erkannt wird, namentlich wenn künstliche Nachhilfe für die Füllung der V. portae gesorgt hat.

2. Dass die Gefässe der Leber von den Nn. splanchnici beherrscht werden, hat Pal[1] durch die Beschleunigung des Ausflusses aus der Lebervene erwiesen, die sich während der Reizung des Nerven auch nach Unterbindung der Brustaorta und der Vena portae einstellte. Da die Zweige der Portalvene Innerhalb der Leber nur von schwachen Ringfasern umsponnen und von einer wenig nachgiebigen Hülle umschlossen werden, so schien es mir gestattet, die Beobachtungen Pal's auf einem anderen Wege zu bestätigen. — Als die Vena portae und die Vena cava unterhalb des Zwerchfells verschlossen waren, wurde der Druck in der A. carotis vor und während der Reizung der Nn. splanchnici gemessen. Dabei ergab der Vers. 11, dass sich der Druck, welcher vor der Reizung gesunken war, während derselben nicht unbeträchtlich steigerte. Die Zahlen bedeuten wie früher das Mittel aus je 10 hintereinander folgenden Secunden. Die Zahl vor ‖ gehört den 10 Secunden unmittelbar vor der Reizung an: 34 ‖ 48, 80, 86 mm Hg. Weil sich aber gegen die beweisende Kraft des Versuchs noch Mancherlei einwenden lässt, so änderte ich ihn dahin ab, dass ich die neben der A. hepatica laufenden Nerven isolirte, durchschnitt und den peripheren Stumpf mit Elektroden versah. — Im Vers. 6 ergab die Reizung bei offener Aorta 177 ‖ 118, 128, 140 mm Hg. und nach Verschluss der Aorta 170 ‖ 174, 178, 180, 182 mm Hg. Andere Beispiele sind in Vers. 7, 8, 11 verzeichnet. Danach kann die Befähigung des N. splanchnicus nicht bezweifelt werden, auch aus der Leber Blut fortzuschaffen.

3. Nach mancherlei Andeutungen war zu vermuthen, dass dem Inhalt der Vena portae ausser dem gewöhnlichen Wege durch die Leber noch andere zum Herz hin geöffnet seien. Diess fand sich bestätigt, als nach dem Verschluss der Vena portae der lebende Nerv gereizt oder nach dem Tode Leimmasse in die Mesenterialvenen eingespritzt wurde.

Obwohl verschiedene Wege von der Vena portae zum Herzen bestehen, so sind doch nicht alle gleich leicht gangbar; am wenigsten Widerstand bietet der durch die Leber, am meisten die Bahn der Azygos nach Unterbindung der Vena cava inf. Als im Vers. 32 bei offener Aorta die

[1] *Jahrbücher der Wiener Aerzte.* 1888.

Digitized by Google

Vena portae verschlossen wurde, fand sich innerhalb der Vene ein Druck in je 10 auf einander folgenden Secunden von 18, 20, 21, 21, 22 mm Hg. und als die Reizung der Nn. splanchnici hinzutrat, wuchs plötzlich der Druck auf 34, 46 mm Hg. Als aber in demselben Versuche die Lichtung der Aorta verstopft war, stieg der Druck in der Vene während der Reizung des Nerven höchstens auf 30—32 mm Hg. Von dem Gehalt der Darmgefässe an Blut, bezw. dem Bestehen oder Stocken des Zuflusses von dort, dürfte der Unterschied der Drücke in der Vene bei offener und geschlossener Aorta abhängen.

Ueber die neben der Hauptbahn gangbaren Wege wurde Aufschluss durch die Beobachtung des Drucks von der Carotis gesucht, nachdem die Vena portae und noch dazu eine oder die andere Vene verschlossen war. — In Vers. 11 war das Halsmark und beiderseits der Splanchnicus durchschnitten. Als nun bei geschlossener Vena portae der N. splanchnicus gereizt wurde, stieg in je 10 auf einander folgenden Secunden der mittlere Arteriendruck: 43, 70, 112, 138, 140 mm Hg. Nachdem in demselben Versuch die Aorta und die Vena cava oberhalb des Zwerchfells verschlossen waren, wurde wider Erwarten während der Reizung des N. splanchnicus noch ein Aufwachsen des Drucks von 80 auf 144 mm Hg. sichtbar.

Da sich nach dem Verschluss der Vena portae die Reizung der Nn. splanchnici noch im Druck der Art. carotis ausprägt, so lässt sich nicht bezweifeln, dass zwischen den Mesenterialvenen und der Vena cava noch andere Verbindungen als durch die Lebervene bestehen; sicher ein solcher durch die Vena azygos, denn sie kann nach der Unterbindung der Vena portae von einer Mesenterialvene aus injicirt werden. Indess mögen diese Seitenwege nicht immer gleich entwickelt sein. Oefter hat selbst nach dem einfachen Verschluss der V. portae die Reizung der Nn. splanchnici den Druck in der Aorta nicht emporgehoben, und während des Verschlusses der Vena cava oberhalb des Zwerchfells wurde, ausser dem vorhin erwähnten Fall, ein Wachsen des Aortendrucks nur noch einmal — s. Vers. 2 — beobachtet.

Dass das Blut auf dem Wege um die Leber gegen grössere Widerstände fortschreitet, als auf dem geraden durch sie, wird aus der grossen Blutfülle während des Verschlusses der Vena portae anschaulich.

4. Indem sich das Blut aus einem Bezirk in einen anderen schon gefüllten entleert, wird dem Herzen eine grössere Arbeit auferlegt, die den blutreicheren, vom Strom noch durchsetzten Capillaren zugute kommt. Ein proportionales Maass für die durch die Umschaltung des Inhalts gewonnene Arbeit giebt allerdings der Zuwachs des Aortendrucks; ein vollständiges, ein absolutes wird aber erst erlangt durch die hinzutretende Kenntniss der umgeschalteten Blutmenge. Das Verfahren, dessen ich mich, um sie zu

Digitized by Google

finden, bediente, weicht von den bisher benutzten wesentlich ab, welche thatsächlich auch nur dazu dienen solten, um die Anwesenheit einer Strömung aus der Portalvene gegen das Herz hin darzuthun.[1]

Die Versuche, von denen ich in diesem Abschnitte berichte, sind wesentlich im physiologischen Institut der Clark University mit Erlaubniss des Hrn. Collegen Lombard und mit freundlicher Beihilfe des Hrn. Dr. W. S. Miller, Fellow in Anatomy, ausgeführt. Beiden Herren bin ich zu Dank verpflichtet.

Wenn der Druck in der Aorta nur darum über den Mittelwerth steigt, weil bei unveränderten elastischen Eigenschaften ihrer Wand der Lichtung mehr Blut als vorher zugebracht wird, so muss die Menge des letzteren, den Ueberschuss des Drucks bedingenden, dadurch zu finden sein, dass während der Reizungsdauer der Nn. splanchnici fortlaufend gerade so viel Blut aus der Aorta entzogen wird als nöthig ist, um den Druck in ihr auf dem Mittelwerthe zu erhalten.

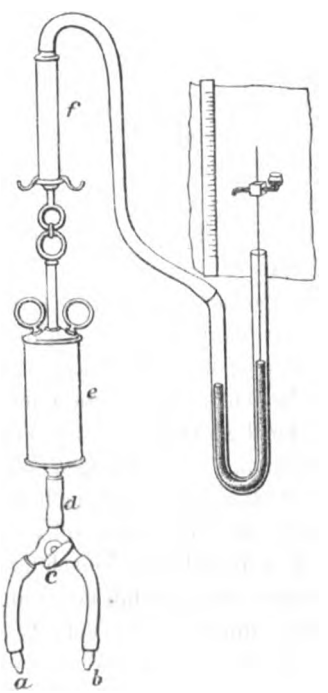


Fig. 1.

Eine nach diesem Plane ausgeführte Bestimmung setzt voraus, soll ihr Ergebniss der Wahrheit entsprechen, dass der Blutdruck in der Carotis schon längere Zeit vor der Reizung des Nerven um annähernd denselben Werth schwankte und dass dies auch während der zur Zeit der Nervenreizung eingeleiteten Blutentziehung sich fortsetze. — An einem mit Morphium und Curare narkotisirten Thiere, dessen Nn. splanchnici durchschnitten sind und welches künstlich beathmet wird, erhält sich der mittlere Blutdruck lange Zeit auf der gleichen Stufe. Die zweite Aufgabe während der Reizung der Nn. splanchnici, die Blutentziehung derart zu regeln, dass der vorher vorhandene Mitteldruck unverändert fortbestehe, löste ich auf zweierlei Art.

Anfänglich, s. Fig. 1, setzte ich von den beiden Zinken der Gabelcanüle die eine *a* in die Vena jugularis, die andere *b* in die A. carotis. An dem Stiel der Gabel *d* sass ein Winkelhahn *c*, welcher die Lichtung des Stiels entweder in die A. carotis oder in die V. jugularis ausmünden

[1] Slavjanski, *Berichte der math. naturw. Classe der sächsischen Ges. d. Wiss.* 1873 und Basch, *Ebenda.* 1875.

Digitized by Google

liess. Der Gabelstiel *d* stand ferner in Verbindung mit der ausgeaichten Spritze. Den Bewegungen ihres Stempels folgten die des Stempels der kleinen Spritze derart, dass wenn der Hohlraum von *e* sich vergrösserte, die von *f* sich verkleinerte. Von dem freien Ende der Spritze *f* aus wurde das Manometer gespeist, dessen Feder auf dem abgerollten Papier die jeweilig entzogene Blutmenge im proportionalen Maassstabe aufschrieb. Der Stempel der Spritze *e* wurde mit der Hand nach Anleitung eines mit der zweiten Carotis verbundenen Manometers bewegt. Von den Ergebnissen dieses Verfahrens finden sich einige im Vers. 24 verzeichnet.

Obwohl dasselbe sich nicht als unbrauchbar bezeichnen lässt und den Vorzug besitzt, dass das entzogene Blut vor dem Eintritt der Gerinnung dem Thiere zurückgegeben werden kann, so erwies sich doch ein zweites Vorgehen als vorzüglicher. Es ruhte auf dem Principe, den Ausfluss durch die Benutzung des Blutdrucks automatisch zu regeln. Bei seiner Ausführung wurde mit der einen Carotis ein Hg.-Manometer, mit der anderen ein Rohr, aus welchem das Blut entnommen werden sollte, verbunden. Auf der zweiten, theilweise aus Kautschuk hergestellten Röhre, lag die Schneide eines Hammers, der so lange er aufruhte, die Lichtung verschloss. Ein starker Elektromagnet vermochte den Hammer zu heben, worauf sich der Ausfluss aus der A. carotis einstellte. Empor stieg der Hammer, wenn der elektrische Kreis geschlossen wurde, welcher die grossen Eisenkerne umzieht (in der Figur ist er mit römischen Zahlen bezeichnet); dieses geschah, wenn die kleinen Eisenkerne innerhalb des Relais (1—5) dadurch magnetisch wurden, dass der Querstab auf dem Schwimmer des Hg-Manometers die Lücke bei 4.5 überbrückte, welche bis dahin in der Bahn des Relais geblieben war; dies aber hing von dem Stande des Hg ab, welcher dem Druck in der A. carotis folgte. Aus der Fig. 2 wird die Verrichtung des Regulators verständlich sein.

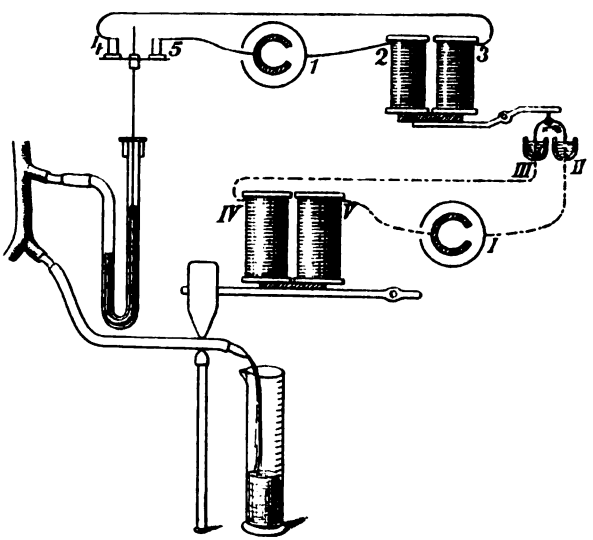


Fig. 2.

Digitized by Google

Der Anwendung des Regulators voraus wurde der mittlere Druck, welcher zur Zeit in der Carotis vorhanden war, aufgesucht, und alsdann der Querstab des Schwimmers so eingestellt, dass er den Relaiskreis vervollständigte, wenn das Hg den ermittelten Druck auch nur um ein Weniges überschritt. Nach dieser Vorbereitung begann die Reizung des N. splanchnicus und nach ihr floss das Blut alsbald aus der zweiten Carotis durch das schon vordem mit NaCl-Lösung gefüllte Ausflussrohr in das Maassgefäss. In der Regel strömte das Blut nicht stetig, vielmehr nur zeitweilig, es schwankte sonach mehr oder weniger regelmässig der Blutdruck um den eingestellten Mittelwerth. Nach der beendeten Reizung, deren Dauer auf dem vorüberziehenden Papier verzeichnet war, wurde das abgeflossene Blut gemessen, entfaserstofft, filtrirt und dem Thiere wieder einverleibt.

Bevor das geschilderte Verfahren endgiltig angewendet wurde, schien es räthlich, seine Genauigkeit in der Art zu prüfen, dass mittelst einer bekannten Menge von Blut, die durch die Jugularvene eingespritzt ward der Druck über seinen Mittelwerth erhöht wurde. — Vers. 30 an einem Thiere von 11 Kilo Körpergewicht ergab:

Mitteldruck	Eingespritzte Blutmenge	Mitteldruck in je 10 Secunden während der Reizung	Ausgeflossene Blutmenge
a auf 90 mm Hg	130 ccm Blut	110 118 90 88 mm Hg	130 ccm
b „ 85 „	75 „ „	85 96 85 70 „	60 „
c „ 86 „	130 „ „	90 103 86 86 86 80 „	130 „

Sonach hatte sich das Verfahren bewährt, seiner Anwendung auf die Umschaltung des Blutes durch Reizung des N. splanchnicus stand nichts im Wege. Die folgenden Zahlen sind an vier Hunden gewonnen worden:

Versuche mit dem Ausflussregulator, Reizung des N. splanchnicus während der ganzen Zeit. Während der zwischen | | eingeklammerten Zahlen fliesst das Blut.

Versuch	Mitteldruck vor der Reizung	Mitteldruck in je 10 Secunden während der Reizung	Ausgeflossene Blutmenge	Umgeschaltetes Blutvolum in Bruchtheilen des Blutgehaltes
Vers. 26	Hg.	0—10 20 30 40 50 60 70 Sec.	Ccm.	
Körpergew.	130	|130 130 130| 100 80 76 mm Hg	192	0·27
10 K.	114	|114 114|108| 96 74 60 „	150	0·21
	110	|110 110 110| 104 86 74 „	164	0·23
	108	|108 108 106| 100 96 96 90 „	150	0·21
	92	| 96 110 90| 83 60 54 90 „	150	0·21

Digitized by Google

Fortsetzung.

Versuch	Mitteldruck vor der Reizung	Mitteldruck in je 10 Secunden während der Reizung								Ausgeflossene Blutmenge	Umgeschaltetes Blutvolum in Bruchtheilen des Blutgehaltes
		0—10	20	30	40	50	60	70	Sec.		
Vers. 26	Hg.									Ccm.	
Körpergew.	78	78	78	78	60	60	56	90	mm Hg	135	0·19
10 K.	58	58	64	58	54	45	43	90	„	112	0·16
	44	46	56	50	46	42	38	90	„	90	0·12
	40	40	40	40	36				„	65	0·09
Vers. 27	70	70	70	70	70	58	25		„	90	0·12
Körpergew.	66	82	94	76	70	58	58	46	„	120	0·17
10 K.	60	60	60	60	58	50	46		„	80	0·10
	32	32	32	32	32	32	32	32	„	20	0·03
Vers. 29											
Körpergew.	46	46	46	46	46	46	45	43	„	30	0·04
11 K.											
Vers. 30	144	144	144	144	140	130	126	120	„	80	0·10
Körpergew.	52	74	86	78	62	50	50		„	140	0·18
11 K.											

Für eine erschöpfende Betrachtung unzureichend, führen uns doch die Versuche einige wichtige Thatsachen entgegen. Angenommen, der Blutgehalt der Hunde betrage 7 Procent des Körpergewichts, so würde das durch den N. splanchnicus umgelagerte Volum zwischen 3—27 Procent der gesammten vom Thier beherbergten Blutmenge betragen haben. Unter den genannten Werthen macht es uns der grössere begreiflich, warum während der Reizung des N. splanchnicus der Druck in der Aorta so hoch steigt, den Gliedmaassen und Augen soviel mehr Blut zufliesst.[1] Zugleich erhalten wir den gewiss bedeutungsvollen Aufschluss, dass während einer mässigen Herabsetzung des Tonus der Unterleibseingeweide, wie sie die Durchschneidung der Nn. splanchnici erzeugt, in den Gefässen derselben mindestens ein Viertel der gesammten Blutmasse eingeschlossen sein kann.

Von dem Zustande der Gefässe, welcher vor Beginn der Reizung vorhanden ist, wird der Erfolg einer Reizung des N. splanchnicus wohl beeinflusst werden, doch in verschiedener Weise. Ein niederer Stand des Aortendrucks kann in einer Dehnung der Haut-, Muskel-, oder in einer solchen der Eingeweide-Gefässe begründet sein. Unter der ersteren Be-

[1] Siehe die plethysmographischen Versuche v. Basch. A. a. O. S. 413 ff.

Digitized by Google

dingung wird von dem gereizten Nerven nur wenig, unter der letzteren aber viel Blut in die Gefässe der Glieder übergeführt werden. Beide Male könnte, weil sich Blutzufuhr und Nachgiebigkeit der Gefässwand compensiren, der Druckzuwachs ähnlich gross sein. Aus der Messung der umgeschalteten Menge würde erst der Zustand der Gefässe vor der Splanchnicusreizung deutlich.

Dass mit der Kenntniss der Druckänderung in der Aorta noch keine erschöpfende Einsicht in die Leistungsfähigkeit der Splanchnici gegeben sei, dafür zeugen die vorgelegten Zahlen; bei gleichen Werthen des Aortendrucks vor der Reizung verhalten sich die umgeschalteten Mengen des Blutes sehr ungleich, sowohl absolut wie im Verhältniss zu dem vermuthlichen Blutgehalt des Thieres

In meiner vorläufigen Mittheilung[1] erwähnte ich, dass man auch daran denken könne, durch die Zufuhr von Blut Aufschluss zu erhalten über die Blutmenge, welche durch den N. splanchnicus in die Aorta übergetrieben wird. Zu diesem Ende würde an einem Thiere das Ansteigen des Drucks in Folge der Splanchnicusreizung zu ermitteln und dann bei ruhenden Nerven rasch so viel Blut einzuspritzen sein, als nöthig um den arteriellen Druck auf die vorher gefundene Höhe zu bringen. In den Protocollen zu den Vers. 20, 21, 22, 24 finden sich Angaben, die aus derartigen Versuchen stammen. Zahlenmässig zeigt sich, dass sehr vorübergehend der Druck ebenso hoch wie während der Splanchnicusreizung durch Blutmengen gebracht werden kann, die in's Bereich derer fallen, welche durch das Verfahren mit dem Ausflussregulator gefunden wurden. Dessenungeachtet erscheinen mir solche Bestimmungen wenig für den Zweck tauglich, dem sie dienen sollen, allein schon desshalb, weil bei ruhendem Splanchnicus die Aufnahmsfähigkeit der Gefässe des Aortensystems eine weit grössere sein wird, als bei erregten Nerven.

5. Ob alle Wurzeln, aus denen sich die Nn. splanchnici zusammensetzen, vasomotorische Fasern führen und wenn: wie sie sich auf die Gefässbezirke vertheilen, verdient schon darum untersucht zu werden, weil der Nerv doch noch mehr als nur Gefässnerv ist. Obwohl die Entstehungsart des Nerven schon öfter beschrieben ist, so dürfte es mir doch gestattet sein, durch ein schematisches Bild die Orte zu veranschaulichen, an welchen gereizt wurde.

Bekanntlich setzt sich beim Hunde der Splanchnicus aus drei Zuflüssen zusammen. Der oberste und stärkste, der sog. Splanchnicus major, verlässt den Grenzstrang zwischen dem 12. und 13. Ram. communicans und geht geradeaus zum Plex. suprarenalis. Dicht unterhalb der ersten geht eine zweite Wurzel, der Splanchnicus minor, ebenfalls zu dem genannten Ge-

[1] *Dies Archiv.* 1890. Supplementbd. S. 58.

Digitized by Google

flecht. Statt aus einem entsteht der Splanchnicus minor öfter aus mehreren Bündelchen, von welchen sich schon vor der Nebenniere Verbindungsfäden zu dem Splanchnicus major und zum Splanchnicus tertius abzweigen. Gerade in der Höhe des ersten Lendenwirbels entspringt aus dem Grenzstrang der Splanchnicus tertius. In der Regel geht von ihm nur ein Zweig gegen den Splanchnicus minor, ein zweiter dagegen nach hinten zum Plex. aortae. Sich verflechtend, treten die drei Wurzeln auf die Nebenniere. Von hier aus zweigen sich Aeste zu den Aa. mesenterica superior und coeliaca ab,

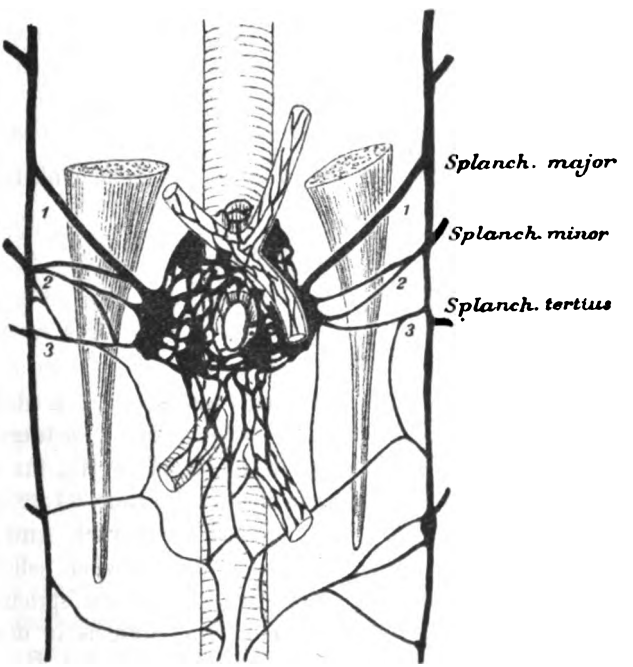


Fig. 3.

die in Ganglienmasse eingesenkt, und von den beiden Seiten zusammentreffend, den Plex. solaris herstellen. Ausser den Zweigen zum Darmcanal und seinen Drüsen sendet das Ganglion noch zuweilen solche zur Niere.[1]

Als nun die Wurzeln der Nn. splanchnici und einzelne aus ihnen hervorragende Aeste geprüft wurden, zeigten sie sich sämmtlich in gleichem Sinne leistungsfähig, und zwar in einem Grade, welcher öfter bezweifeln liess, ob ihre Wirkungen der Stärke nach verschieden seien.

---

[1] Swan, Comparative anatomy of the nervous system. London 1864. — Ellenberger und Baum, *Anatomie des Hundes*. Berlin 1891. In letzterem Werk werden abweichend von meinen Befunden statt eines drei Plexus suprarenales beschrieben.

Digitized by Google

In der folgenden Zusammenstellung bedeuten die Zahlen den aus je 10 Secunden abgeleiteten Mitteldruck in der A. carotis, durch mm Hg ausgedrückt. Aorta immer offen.

Vers.-Nr.	Splanchn. major	Splanchn. minor	Splanchn. tertius	Alle in's Gesammt
40	113 auf 274 Zuw. 161	120 auf 174 Zuw. 54	106 auf 143 Zuw. 37	140 auf 272 Zuw. 132
41	104 „ 153 „ 49	82 „ 135 „ 53	81 „ 131 „ 50	
42	93 „ 146 „ 53	73 „ 97 „ 24	—	
43	94 „ 153 „ 59	76 „ 100 „ 24	86 „ 93 „ 7	
44	81 „ 140 „ 59	66 „ 88 „ 22	—	
45	96 „ 180 „ 84	131 „ 156 „ 25	93 „ 136 „ 43	

In Vers. 40 und 43 wurden zwei Zweige des Splanchnicus major für sich gereizt.

In Vers. 40 Zweig *a* 138 f 216, Zuw. 78.
„ „ 40 „ *b* 123 f 235, „ 112.
„ „ 43 „ *a* 72 f 105, „ 33.
„ „ 43 „ *b* 80 f 115, „ 35.

Der mittlere Zuwachs des arteriellen Drucks der von den verschiedenen Wurzeln des Ganglion erzeugt werden kann, beträgt den vorgelegten Zahlen nach für N. splanchnicus major 77 mm Hg, für N. splanchnicus minor 34 mm Hg und für N. splanchnicus tertius 34 mm Hg. — Zu welchem Aufschluss führen uns diese Zahlen? Schwerlich wird hierauf zu antworten sein, dass sie die Stärke messen, mit welcher jeder Theil des Nerven auf die Gefässe des Unterleibs wirkt. Hiegegen spricht die Vielfältigkeit der Bedingungen, von denen der Druckzuwachs in der Aorta abhängt. Auf die Wirkungsgrösse der einzelnen Aeste würden die Zahlen nur dann schliessen lassen, wenn die Versuche unter gleichen Bedingungen — der Blutmenge im Portalsystem, des Füllungsgrades und der Wandspannung in allen übrigen Gefässen — gewonnen wären. Dass dies nicht zutrifft, geht aus den Zahlen selbst hervor. Desshalb ist es erklärlich, dass den Angaben der Gesammtmittel die der Theilmittel widersprechen, z. B. in Vers. 41, wo der N. splanchnicus tertius einen höheren Druckzuwachs erzielt, als der Splanchnicus major. Wie sich die Dinge in Wahrheit verhalten, wird durch Messung des Blutdrucks nicht zu entscheiden sein. Jedenfalls aber ist schon jetzt bewiesen, dass die drei Splanchnici innerhalb desselben Gebietes sich an derselben Leistung betheiligen. Geschähe dies nun so, dass die zweite oder dritte Wurzel weniger als die erste zu wirken vermöchte, so würde damit doch nur gesagt sein, dass eine untermaximale

Digitized by Google

Erregung vom Splanchnicus major eben so viel als der maximal erregte Splanchnicus tertius vermöchte. Indem man nach ähnlichem Vorkommen innerhalb des Organismus sucht, könnte zunächst an das von Eckhard am Frosch und von Peyer am Kaninchen aufgefundene Verhalten der Nerven gedacht werden, die in das Arm- und Sacralgeflecht eintreten. Hiegegen liesse sich einwenden, dass die Verbindung zwischen Nerven- und Muskelfasern, wie sie an den Gliedmaassen besteht, nur wenig für die Ringfaserung der Gefässe genügen dürfte. Durch anatomische und physiologische Erfahrung sind wir dahin unterrichtet, dass jede vordere Wurzel der Hals- und Sacralnerven nur mit einem Bruchtheil der Fasern eines Muskels verbunden ist; in die Gesammtzahl seiner Fasern theilen sich die mehrfachen Nervenwurzeln, welche in den Muskel eingehen. Auf die Gefässe angewendet, würde dies bedeuten, dass je ein Abschnitt von einem ersten Nerven versorgt würde, der unmittelbar angrenzende von einem zweiten u. s. w. Sonach würden, wenn sich während der Reizung des ersten Nerven die zugehörigen Muskelringe verkürzen, die vom zweiten versorgten schlaff bleiben. In Folge dessen müsste, was aus dem einen Abschnitt getrieben wurde, den zweiten bauchig auftreiben; von einem derartigen Verhalten lässt sich bekanntlich nichts beobachten.

Näher liegt es, die Splanchnici an die Seite der Nn. vagi und Nn. accelerantes cordis zu stellen. Paarigen Ursprungs enden sie unpaarig, wie der N. splanchnicus und die Wirkung einzelner ihrer Fasern unterscheidet sich nicht von der ihrer Stämme. Leider wissen wir nicht, wie die Herznerven wirken, darum fördert uns auch die eben versuchte Zusammenstellung nur wenig.

5. Nicht bloss die Nn. splanchnici, auch zahlreiche andere im Rumpf und den Gliedmaassen endende Vasomotoren vermögen das Blut aus ihren Bezirken zu verdrängen. Wie viel sie, kräftig gereizt, umschalten, ob sie dem Gebiet der Nn. splanchnici so viel zu geben vermögen, als sie von dort empfingen, dürfte nicht leicht zu ermitteln sein. Scheinbar liegt es am nächsten durch Reizung des Halsmarks nach Durchschneidung der Splanchnici rechts und links Aufschluss zu suchen. An einem Thiere, das zu dem beabsichtigten Versuch vorbereitet ist, finden sich alle Vasomotoren gelähmt, wesshalb während Reizung des N. splanchnicus ebenso wie der des Halsmarkes der Arteriendruck nicht so hoch wie bei unversehrtem Mark anwachsen kann. Bei weitem nicht alle, nach der Vorschrift angestellte Versuche waren erfolgreich.

Der Druck ist in der Carotis gemessen, die Zahlen bedeuten den Mitteldruck aus je 10 Sec. Die vor dem Strich ‖ stehende Zahl giebt den Druck vor Beginn der Reizung.

Digitized by Google

Vers.-Nr.	Gereizt war	Druck in mm Hg.	Zuw. an Druck	Bemerkung
11	Splanchn. peripher	46 ‖ 74 117	71	
11	Halsmark „	80 ‖ 84 100 137	57	
11	„ „	40 60 62 84 106 120 124 130	90	Pfortader verschlossen
35	„ „	114 106 114 122 130 136 138	.24	Splanchn. tert. rechts unvers.

Ohne das Halsmark zu verletzen, und ohne die Nerven der Darmgefässe zu betheiligen, lassen sich die übrigen Vasomotoren auch dadurch erregen, dass man, nachdem beiderseits alle Splanchnici durchschnitten sind, die centralen Stümpfe eines der letzteren reizt, weil, wie wir durch Asp[1] erfuhren, die Reizung des N. splanchnicus vom verlängerten Mark aus sehr kräftig auf die Vasomotoren zurückwirkt. Nach dieser Vorschrift sind die folgenden Zahlen gewonnen, sie bedeuten dasselbe, wie die der vorigen Zusammenstellung.

Vers.-Nr.	Gereizt waren	Druck in mm Hg	Zuw. an Druck	Bemerkung
46	die centralen Stümpfe	164 ‖ 175 215 220	56	Aorta geschl.
47	sämmtl. Splanchnici	128 ‖ 140 170	42	Aorta offen

Asp, welcher unter gleichen Bedingungen die centralen und peripheren Stümpfe der Nn. splanchnici reizte, fand, dass der Arteriendruck in Folge des Reflexes höher stieg, als nach Reizung der peripheren Stümpfe, und dass sich im ersteren Fall die Pulsfolge beschleunigte, während der Reizung der peripheren Stümpfe aber verlangsamte. Ungeachtet der hierdurch in unsere Frage eingemischten Störung, dürfte es sich empfehlen, die Versuche zu wiederholen.

Die Art, auf welche das Halsmark, wenn es nach Durchschneidung der Nn. splanchnici gereizt wird, den Arteriendruck zum Wachsen bringt, muss ebenfalls noch durch Versuche erörtert werden. Um zu prüfen, ob sich während der Reizung der Vasomotoren auch die Venen in der Haut und den Muskeln zu verengen streben, wird man unter Anwendung des an der V. portae geübten Verfahrens erfahren können.

6. Eine eigenthümliche und während der Reizung der Nn. splanchnici von mir in dieser Form niemals beobachtete Erscheinung zeigte sich, wenn nach Durchschneidung sämmtlicher oder eines grossen Theils der Nn. splanchnici das Halsmark tetanisirt wurde.

---

[1] *Berichte der sächs. Gesellschaft der Wissenschaft.* 1867.

Digitized by Google

Die Zahlen bedeuten den aus je 10 Secunden abgeleiteten und in der Arteria carotis gemessen mittleren Druck wie andre Male.

Vers.-Nr.	Durchschnitten war	Druckänderung								
38	Grenzstr. zwischen	60 ‖ 61	59	62	74	90	103			mm Hg
	11 u. 12 Ra. com.	48 ‖ 50	46	52	65	74	80			„
34	Spln. major u. minor	48 ‖ 48	42							„
35	„	118 ‖ 114	102	104	110	118	124			„
35	„	118 ‖ 114	106	114	122	130	136	138		„
39	Sämmtl. Splanchnici	28 ‖ 38	36	36	40	45	48	49		„

Die Reihe der Zahlen zerfällt deutlich in zwei Abschnitte, einen ersten schwachen Sinkens, und einen zweiten stärkeren Ansteigens. In der Abhandlung von Johansson, welche genauer über den Verlauf der Druckcurve während der Reizung der Vasomotoren berichtet, liest man zwei Angaben, welchen sich die meinen unterordnen könnten. Johansson[1] findet, dass während der Reizung der Splanchnici, wie der des Halsmarkes, der Druck in den ersten Secunden rasch ansteigt, dann aber von der 5. bis 20. Secunde seinen Eifer dämpft, zuweilen soweit, dass er wieder zu sinken beginnt und dass darauf der Druck sein Wachsthum abermals beschleunigt u. s. w. Ob die von mir beobachtete Erscheinung sich hier anschliesst, scheint zweifelhaft, weil ein rasches, der Senkung voraufgehendes Steigen fehlt. In der Regel sank bei der von mir ausgeführten Reizung der Druck gleich mit dem Beginn derselben und wendete sich erst 30 ja 40 Secunden später aufwärts. — An einer anderen Stelle seiner Abhandlung[2] erwähnt Johansson es sei ihm durch Reizung des Lendenmarkes, also wahrscheinlich mit Umgehung der N. splanchnici, gelungen, eine bedeutende Erniedrigung des Drucks zu erzielen. Indess wäre es auch möglich, dass bei meinen Reizungen die Aenderung des Drucks mit einem Sinken begonnen habe, weil in das gelähmte Portalsystem das aus anderen Gebieten hervorströmende Blut, ohne den Druck in der Aorta zu erhöhen, eingedrungen sei.

In den folgenden Schilderungen der Versuche bezeichnen die Zahlenreihen, an welche mm Hg angesetzt ist, den Blutdruck, der, sofern es nicht ausdrücklich anders angegeben wurde, in der Arteria carotis gemessen

[1] *Dies Archiv.* 1891. S. 107.
[2] l. c. S. 139.

Digitized by Google

wurde. Die Zeiten, während welcher der durch die Zahlen angegebene mittlere Bluttdruck bestand, sind durch die über ihm stehenden Secunden festgelegt; die Zählung der Secunden beginnt mit dem Uebergang zu einem neuen, den Druck beeinflussenden Eingriff, z. B. der Verschliessung eines Gefässes, der Reizung des Nerven u. s. w. Die Zahl welche unter 0 Zeit steht, giebt den Mitteldruck an, der in den 10 Secunden vor dem neuen Eingriff bestand; die folgende Zahl misst also den Mitteldruck, welcher in den ersten 10 Secunden nach dem Beginn des Mitteldrucks bestand. Alle Messungen des Drucks sind nach dem von Johansson angegebenen Verfahren ausgeführt worden.

Versuch I.

Ein Ligaturstab an der Aorta dicht oberhalb des Zwerchfelles, ein zweiter an der Pfortader.

1. Verschluss der Aorta dicht oberhalb des Zwerchfelles, Druck in der Carotis.

0	10	20 Sec.
136	170	160 mm Hg.

2. Abfall des Druckes in der Carotis nach Oeffnung der verschlossenen Aorta.

0	10	20	30	40 Sec.
194	109	108	130	132 mm Hg.

3. Reizung des Nervus splanchnicus. Aorta offen.

0	10	20	30	40 Sec.
132	177	188	192	194 mm Hg.

4. Reizung des Splanchnicus. Verschluss der Aorta dicht oberhalb des Zwerchfelles.

0	10	20	30	40 Sec.
160	170	182	190	190 mm Hg.

5. Reizung des Splanchnicus. Pfortader verschlossen.

0	10	20 Sec.
108	130	130 mm Hg.

Versuch II.

Ligaturstab an der Aorta und an der Vena cava dicht oberhalb des Zwerchfelles. Reizung des N. splanchnicus.

Digitized by Google

1. Blutdruck in der Carotis. Verschluss der Aorta dicht oberhalb des Zwerchfelles.

0	10	20 Sec.
136	166	170 mm Hg.
128	156	„

2. Abfall des Druckes in der Carotis nach Oeffnung des Aortenverschlusses dicht oberhalb des Zwerchfelles.

0	10	20	30	40	50	60	70 Sec.
166	120	136	146	147	142	136	132 mm Hg.
190	115	102	114	116			„
172	97	115	145	150	143	135	„

3. Splanchnicus gereizt. Aorta offen.

0	10	20	30	40 Sec.
94	106	112	116	140 mm Hg.
116	144	172		„
132	150	110		„

4. Splanchnicus gereizt. Aorta dicht oberhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40	50 Sec.
152	154	158	166		mm Hg.
170	160	168	176	186	190 „

5. Vena cava oberhalb des Zwerchfelles unterbunden, verschlossen. Ohne Reizung.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
134	104	80	47	36	22	14 mm Hg.

6. Vena cava oberhalb des Zwerchfelles geschlossen. Reizung des Splanchnicus.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90 Sec.
56	36	22	24						mm Hg.
65	64	67	70	74	80	82	87	89	88 „

7. Aorta und vena cava verschlossen dicht oberhalb des Zwerchfelles. Splanchnicus gereizt.

0	10	20	30 Sec.
155	149	140	133 mm Hg.

Versuch III.

Vorbereitung wie in Versuch II.

1. Blutdruck in der Carotis nach Verschluss der Aorta oberhalb des Zwerchfelles.

0	10	20	30 Sec.
146	230	208	208 mm Hg.

Digitized by Google

2. Reizung des Splanchnicus bei offener Aorta.

0	10	20	30 Sec.
128	177	216	200 mm Hg.

3. Reizung des Splanchnicus. Aorta dicht oberhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40 Sec.
180	186	194	194	mm Hg.
197	201	212	224	230 „

Versuch IV.

Vorbereitung wie in Versuch II.

1. Reizung des Splanchnicus bei offener Aorta.

0	10	20 Sec.
138	162	186 mm Hg.

2. Reizung des Splanchnicus. Aorta dicht oberhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40	50	60	Sec.
130	148	178	194				mm Hg.
158	164	176	186	194	194	194	„

3. Vena cava dicht oberhalb des Zwerchfelles verschlossen. Reizung des Splanchnicus.

0	10	20	30 Sec.
38	46	46	36 mm Hg.
	48	57	55 „

4. Aorta und Vena cava oberhalb des Zwerchfelles verschlossen. Reizung des Splanchnicus.

0	10	20	30	40	50	Sec.
130	144	146	150	140		mm Hg.
150	140	134	123	122	120	„

Versuch VI.

Ligaturstab an der Aorta und der Vena cava oberhalb des Zwerchfelles. Elektrode an den Splanchnicus und an die Nerven der Leberarterie.

1. Reizung des Splanchnicus. Aorta verschlossen.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
186	190	194	196	206	210	210 mm Hg.

Digitized by Google

2. Reizung des Splanchnicus. Vena cava dicht oberhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	Sec.
52	54	42	mm Hg.

3. Aorta und Vena cava dicht oberhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40	50	Sec.
110	106	98	90	84	82	mm Hg.

4. Reizung der Lebernerven, nicht durchschnitten.

0	10	20	30	Sec.
136	189			mm Hg.
152	190			„
122	120	123	123	„

5. Lebernerven durchschnitten, peripheres Ende gereizt.

0	10	20	30	40	Sec.
166	164	176	162		mm Hg.
117	118	128	140	140	„

6. Aorta verschlossen und Lebernerven peripher gereizt.

0	10	20	30	40	50	Sec.
170	174	178	180	182	182	mm Hg.
222	220	214	220	226	222	„

Versuch VII.

Rückenmark am zweiten Halswirbel durchschnitten. Nerven an der Leberarterie durchschnitten, die peripheren Stümpfe in Elektroden gelegt. Ligaturstäbe an die Aorta oberhalb des Zwerchfelles und an die Leberarterie.

1. Lebernerven gereizt. Aorta offen.

0	10	20	30	40	50	60	70	Sec.
116	116	116	116	116				mm Hg.
50	50	50	50	52	54	54	54	„

2. Lebernerven gereizt. Aorta verschlossen.

0	10	20	30	40	50 Sec.
207	102	200	198	196	190 mm Hg.
136	136	136	136		„

Versuch VIII.

Rückenmark am 2. Halswirbel durchschnitten. Nerven neben der Leberarterie durchschnitten, das periphere Ende in Elektroden gelegt,

Digitized by Google

Ligaturstäbe an der Aorta, Vena cava oberhalb des Zwerchfelles in die Leberarterie.

1. Lebernerven gereizt. Aorta verschlossen.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90 Sec.
178	179	179	182	183	182	182	181		
158	160	159	160	160	160	162	164	164	165 mm Hg.

2. Lebernerven gereizt. Aorta offen.

0	10	20	30	40 Sec.
80	80	82	84	86 mm Hg.

Versuch IX.

Vorbereitung wie in Versuch VIII. Rückenmark mit Elektroden versehen.

1. Reizung des Rückenmarks.

0	10	20	30 Sec.
43	68	104	124 mm Hg.

2. Reizung des Rückenmarkes. Aortenschluss dicht oberhalb des Zwerchfelles.

0	10	20 Sec.
86	100	122 mm Hg.

3. Reizung des Rückenmarkes. Aorta und Vena cava dicht oberhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
85	80	82	84	86	85	84 mm Hg.

4. Reizung der Lebernerven Aorta offen.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
43	44	45	48	47	46	45 mm Hg.
52	54	54	54	54	54	"

5. Lebernerven gereizt. Aorta verschlossen.

0	10	20	30	40	50 Sec.
82	84	92	96	98	97 mm Hg.

Versuch X.

Rückenmark durchschnitten mit Elektroden versehen. Ligaturstäbe an Aorta und Vena cava oberhalb und unterhalb des Zwerchfelles, ebenso an die Pfortader.

1. Rückenmark gereizt, alle Gefässe offen.

0	10	20	30 Sec.
54	68	80	96 mm Hg.

Digitized by Google

2. Druck in der Carotis nach Verschluss der Vena cava unterhalb des Zwerchfelles.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	Sec.
84	80	70	66	63	60				mm Hg.
	120	84	63	84	63	60	68	68	„

3. Druck in der Carotis. Pfortader verschlossen.

0	10	20	30	Sec.
58	55	50	47	mm Hg.

4. Druck in der Carotis nach Verschluss der Vena cava unterhalb des Zwerchfelles und der Pfortader.

0	10	20	30	40	50	Sec.
70	62	52	42	40	26	mm Hg.

5. Reizung des Rückenmarkes. Aorta dicht oberhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40	20	60	70	80	90	Sec.
126	120	130	145	160	170	178	185	185	195	mm Hg.

6. Reizung des Rückenmarkes, Vena cava inferior unterhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40	50	Sec.
60	77	90	100	107	112	mm Hg.
35	45	59	72	85		„

7. Reizung des Rückenmarkes. Pfortader verschlossen.

0	10	20	30	40	50	Sec.
47	56	58	70	94	110	mm Hg.

8. Druck in der Carotis. Aorta und Vena cava verschlossen.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Sec.
150	168	176	148	142	138	133	127	120	116	114	mm Hg.

9. Aorta und Vena portae verschlossen.

0	10	20	30	40	Sec.
162	158	155	150	140	mm Hg.

10. Rückenmark gereizt. Aorta oberhalb und Vena cava unterhalb des Zwerchfelles verschlossen, bis zu Ende der 20 Secunden, dann geöffnet.

0	10	20	30	40	50	60	70	Sec.
114	128	130	170	194	220	230	242	mm Hg.

11. Rückenmark gereizt. Aorta oberhalb des Zwerchfelles verschlossen. Vena portae verschlossen bis zum Ende der 50 Sec.

0	10	20	30	40	50	60	70	Sec.
140	140	150	170	180	186	189	190	mm Hg.

Digitized by Google

Versuch XI.

Rückenmark und beide Splanchnici durchschnitten, beide mit Elektroden versehen. Aorta und Vena cava oberhalb und Vena cava unterhalb des Zwerchfelles, ebenso Pfortader mit Ligaturstäben versehen.

1. Splanchnicus gereizt.

0	10	20	30 Sec.
46	74	117	113 mm Hg.
134	175		„

2. Rückenmark gereizt.

0	10	20	30 Sec.
80	84	100	137 mm Hg.

3. Druck in der Carotis nach Schluss der Pfortader.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
56	55	50	46	43	43	43 mm Hg.

4. Reizung des Splanchnicus. Vena cava unterhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40	50 Sec.
68	68	72	72	73	74 mm Hg.
53	84	132	153	157	„

5. Reizung des Splanchnicus. Vena cava oberhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30 Sec.
30	30	30	30 mm Hg.

6. Reizung des Splanchnicus. Vena portae verschlossen.

0	10	20	30	40	50 Sec.
43	70	112	138	140	140 mm Hg.
40	56	96	112		„

7. Reizung des Splanchnicus. Pfortader und Vena cava unterhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30 Sec.
34	48	80	86 mm Hg.

8. Reizung des Rückenmarkes. Vena cava unterhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
64	74	77	110	125	128	122 mm Hg.

9. Reizung des Rückenmarkes. Pfortader verschlossen.

0	10	20	30	40	50	60	70	80 Sec.
40	60	62	84	106	120	124	130	130 mm Hg.

Digitized by Google

10. Reizung des Rückenmarkes. Pfortader und Vena cava unterhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40	50	60	70	80 Sec.
28	44	40	54	60	66	78	80	80 mm Hg.
27	36	38	43	47	50			

11. Splanchnicus gereizt. Aorta und Vena cava dicht oberhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40	50	60	70 Sec.
80	97	120	130	136	140	144	144 mm Hg.

12. Reiznng des Splanchnicus. Aorta oberhalb und Vena cava unterhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40 Sec.
164	170	182	196	200 mm Hg.

13. Reizung des Rückenmarkes. Aorta oberhalb und Vena cava unterhalb des Zwerchfelles verschlossen, bis zu Ende der 50 Sec., dann geöffnet.

0	10	20	30	40	50 Sec.
110	114	106	106	115	146 mm Hg.

Versuch XII.

Körpergewicht 7 Kilo. Splanchnicus mit Elektroden, Vena cava und Aorta oberhalb des Zwerchfelles mit Ligaturstäben versehen. Frisches Blut eines anderen Hundes in Jugularis überführt.

1. Reizung des Splanchnicus. Aorta dicht oberhalb des Zwerchfelles verschlossen.

0	10	20	30	40	50 Sec.	
212	226	240	251	258	260	mm Hg.
200	206	212	216	220	220	„
218	220	230	240	244		„
218	220	230	234	238		„
230	237	237	237	236		„

2. Aorta verschlossen.

Druck vor der Injection	Eingespritzte Blutmenge	Druck nach der Injection	Dauer des höheren Druckes
mm Hg.	Ccm.	mm Hg.	Sec.
198	10	204	5·5
194	10	206	5·5
198	10	204	4·5
228	10	230	3·5
218	10	222	5·0
210	10	216	5·0

Digitized by Google

3. Aorta und Vena cava oberhalb des Zwerchfelles verschlossen.

Druck vor der Injection mm Hg.	Eingespritzte Blutmenge Ccm.	Druck nach der Injection mm Hg.	Dauer des höheren Druckes Sec.
120	10	128	6·0
144	25	168	9·0
132	25	160	11·0
134	25	164	10·0
136	25	128	10·0

Versuch XIII.

Elektrode am peripheren Ende des Splanchnicus. Ligaturstab an der Aorta oberhalb des Zwerchfelles. Canüle in der Schenkelarterie.

1. Splanchnicus gereizt. Aorta dicht oberhalb des Zwerchfelles geschlossen.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
100	160	172	192	210	230	270 mm Hg.

2. Schenkelarterie je 10 Secunden geöffnet. Blut aufgefangen.

Ruhe	
Druck	Blutmenge
157 mm Hg.	16 ccm

3. Reizung des Splanchnicus.

200 mm Hg.	24 ccm
180 „	31 „
186 „	31 „

4. Aorta geschlossen.

243 mm Hg.	11 ccm

5. Splanchnicus gereizt und Aorta geschlossen.

228 mm Hg.	27 ccm
270 „	17 „

Versuch XIV.

Elektrode an den Splanchnicus. Ligaturstab unmittelbar unter der Subclavia an der Aorta, Canüle in der Schenkelarterie. Druck in der Carotis nach Verschluss der Aorta unter der Subclavia.

	0	10	20	30	40	50	60 Sec.
1.	150	196	182	176	182	194	194 mm Hg.
	144	194	166	176	186	186	„
	134	174	164				„
	132	184	164	162			„

Digitized by Google

2. Reizung des Splanchnicus. Verschluss der Aorta.

0	10	20	30	40	50 Sec.
194	104	204	220	210	210 mm Hg.
186	194	210	230	254	268 „
164	176	194	214	222	„
174	176	194	206		„

3. Schenkelarterie für je 10 Minuten geöffnet, das Blut gesammelt.

Druck	Ausflussmenge
	Aorta geschlossen
186 mm Hg.	0
	Aorta geschlossen und Splanchnicus gereizt
224 „	0

Versuch XV.

Elektrode an den Splanchnicus. Ligaturstab an die Aorta unterhalb der Subclavia.

1. Druck in der Carotis nach Schluss der Aorta unterhalb der Subclavia.

0	10	20	30	40	50	60	70	80 Sec.
144	240	238	230	234	236	242	240	252 mm Hg.

Versuch XVI.

Elektrode an den Splanchnicus, Ligaturstab unterhalb der Subclavia an die Aorta, Canüle in der 2. Carotis zur Blutentziehung.

1. Blut in die Jugularis.

Druck vor der Injection	Blutmenge eingespritzt	Druck nach der Injection
86 mm Hg.	100 ccm	150 mm Hg.
76 „	90 „	104 „
118 „	77 „	168 „

2. Blutentziehung aus der Carotis während Reizung des Splanchnicus, die Carotis bleibt so lange geöffnet als die Reizung des Splanchnicus dauert. Dauer der Blutentziehung 13 Secunden.

Druck vor der Reizung	Zeitdauer zwischen Reizung u. Blutentziehung	Druck vor der Blutentziehung	Blutmenge entzogen	Druck unmittelbar nach der Blutentziehung
63 mm Hg.	0	163 mm Hg.	110 ccm	86 mm Hg.

3. Blutentziehung aus der Carotis, Druck vorher und nachher.

Druck vorher	Entzogene Blutmenge	Dauer der Blutentziehung	Druck nach dem Aderlass
186 mm Hg.	55 ccm	28 Sec.	110 mm Hg.

Digitized by Google

Versuch XVII.

Elektrode an den Splanchnicus. Ligaturstab an die Aorta unterhalb der Subclaria.

1. Druck in der Carotis nach Schluss der Aorta.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
110	188	182	180	176	170	162 mm Hg.

2. Reizung des Splanchnicus. Aorta unterhalb der Subclavia geschlossen.

0	10	20	30 Sec.
180	180	200	208 mm Hg.

Versuch XVIII.

Elektrode an den Splanchnicus, Lebernerven durchschnitten. Ligaturstab an die Aorta unterhalb der Subclavia, an die Vena cava oberhalb des Zwerchfelles und an die Pfortader.

1. Druck in der Carotis nach Verschluss der Pfortader.

0	10	20 Sec.
150	130	126 mm Hg.

2. Lebernerven durchschnitten, Splanchnicus gereizt. Aorta geschlossen.

0	10	20	30 Sec.
200	194	204	204 mm Hg.
180	176	192	198 „

3. Pfortader geschlossen, Splanchnicus gereizt.

0	10	20	30 Sec.
126	136	136	164 mm Hg.
146	164	168	„

4. Aorta und Pfortader geschlossen.

0	10	20	30	40 Sec.
180	174	184	194	196 mm Hg.
156	150	158	170	170 „
158	156	162	174	172 „

5. Ohne Reizung. Aorta und Pfortader verschlossen.

0	10	20	30	40 Sec.
206	200	194	181	174 mm Hg.
178	168	158	156	„

Digitized by Google

6. Splanchnicus gereizt. Aorta und Vena cava geschlossen.

0	10	20	30	40 Sec.
180	184	194	196	mm Hg.
156	150	158	170	170 „
158	156	162	174	172 „

7. Druck in der Carotis. Schluss der Aorta unterhalb der Subclavia und der Pfortader.

0	10	20	30	40 Sec.
206	200	194	180	174 mm Hg.
178	168	158	156	„

Versuch XX.

Körpergewicht 12 Kilo. Elektrode an den Splanchnicus. Ligaturstab an die Aorta dicht unterhalb der Subclavia und an Vena cava oberhalb des Zwerchfelles. Blut genommen aus der Carotis und unmittelbar nachher wieder zurückgeführt.

1. Splanchnicus gereizt.

Druck vor der Reizung	Zeit zwischen Reizung und Blutentziehung	Druck vor der Blutentziehung	Abgenommene Blutmenge	Druck nach der Blutentziehung	Dauer der Blutentziehung
68 mm Hg.	6 Sec.	88 mm Hg.	130 ccm	100 mm Hg.	12 Sec.
60 „	0 „	60 „	130 „	90 „	20 „
74 „	8 „	92 „	130 „	95 „	14 „
86 „	7 „	110 „	130 „	80 „	18 „

2. Splanchnicus am peripheren Ende gereizt.

88 177 130

3. Blut in die Carotis überführt.

Druck vor der Einspritzung	Eingespritzte Menge	Dauer der Einspritzung	Druck nach der Einspritzung
98 mm Hg.	130 ccm	10 Sec.	154 mm Hg.
74 „	130 „	6 „	124 „
90 „	130 „	10 „	120 „
68 „	130 „	6 „	114 „
95 „	130 „	8 „	165 „

4. Blutentziehung aus der Carotis, Blutdruck vor und nachher.

Druck vor der Blutentziehung	Entnommene Menge	Dauer der Blutentziehung	Druck nach der Entziehung
154 mm Hg.	130 ccm	24 Sec.	74 mm Hg.
150 „	130 „	24 „	68 „

Digitized by Google

Versuch XXI.

Körpergewicht 7 Kilo. Elektrode an den N. splanchnicus, Ligaturstäbe an die Aorta nach unterhalb der Subclavia und an Vena cava oberhalb des Zwerchfelles. Blut aus der Carotis entnommen und wieder zurückgeführt.

1. Ueberführung von Blut in die Jugularis.

Druck vor der Einspritzung	Eingespritzte Menge	Dauer der Einspritzung	Druck nach der Einspritzung
66 mm Hg.	130 ccm	9 Sec.	164 mm Hg.
76 „	130 „	8 „	190 „
44 „	130 „	11 „	140 „

2. Ueberführung von Blut in die Carotis.

Druck vor der Einspritzung	Eingespritzte Menge	Dauer der Einspritzung	Druck nach der Einspritzung
94 mm Hg.	130 ccm	6 Sec.	172 mm Hg.
63 „	130 „	12 „	194 „
76 „	130 „	9 „	212 „
48 „	130 „	9 „	190 „

3. Blut entnommen aus der Carotis.

Druck vor der Einspritzung	Entzogene Menge	Dauer der Entziehung	Druck nachher
125 mm Hg.	130 ccm	7 Sec.	86 mm Hg.
185 „	130 „	16 „	53 „
194 „	130 „	16 „	50 „
196 „	130 „	11 „	76 „
210 „	130 „	15 „	58 „
140 „	130 „	17 „	48 „
125 „	130 „	24 „	48 „
190 „	80 „	42 „	38 „

Versuch XXII.

Körpergewicht 9 Kilo. Das Uebrige wie in XXI.

1. Blut entnommen aus der Carotis während Reizung des Splanchnicus.

Blutdruck vor der Reizung	Zeit zwischen Reizung und Blutentziehung	Druck vor der Blutentziehung	Entzogene Blutmenge	Druck unmittelbar nach der Blutentzhg.	Dauer der Blutentziehung
68 mm Hg.	0	68 mm Hg.	111 ccm	50 mm Hg.	30

Digitized by Google

2. Einführung von Blut in die Jugularis.

Druck vor der Einspritzung	Eingespritzte Menge	Dauer der Einspritzung	Druck nach der Einspritzung
35 mm Hg.	99 ccm	6 Sec.	60 mm Hg.

3. Einspritzung von Blut in die Arterie oder Vene. Blutmenge und Druck von Secunde zu Secunde.

In die Arterie.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 Sec.	
mm Hg.	56	76	84	94	104	116	120	132	134	140	
ccm		12	11	11	12	11	9	8	7		Summa 92.

4. In die Vene.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 Sec.	
mm Hg.	54	54	74	88	96	104	130	144	156	166	160	154	
ccm		21	9	11	15	13	12	15	1	0	0	0	Summa 97.

5. Einspritzung von Blut in die Carotis.

Druck vor der Einspritzung	Eingespritzte Menge	Dauer der Einspritzung	Druck nachher
54 mm Hg.	111 ccm	14.5 Sec.	96 mm Hg.

6. Blutentziehung aus der Carotis. Druck vor und nachher.

Druck vor der Blutentziehung	Entzogene Menge	Dauer der Entziehung	Druck nachher
72 mm Hg.	97 ccm	49 Sec.	35 mm Hg.
82 „	92 „	27 „	40 „

7. Einspritzung von Blut in die Vena cava inferior. Aorta geschlossen.

Druck vor der Injection	Eingespritzte Menge	Druck nachher
96 mm Hg.	105 ccm	178 mm Hg.

Versuch XXIV.

Körpergewicht 17 Kilo, alles andere wie in XXI.

1. Blut eingespritzt in die Vena cava. Aorta geschlossen.

Druck vor der Einspritzung	Eingespritzte Menge	Druck nachher
110 mm Hg.	67 ccm	172 mm Hg.
108 „	35 „	152
98 „	47 „	136

2. Einspritzung von Blut in die Vena jugularis.

Druck vor der Einspritzung	Eingespritzte Menge	Dauer der Einspritzung	Druck nachher
16 mm Hg.	90 ccm	20 Sec.	48 mm Hg.

Digitized by Google

3. Splanchnicus am peripheren Ende gereizt.

0	10	20	30 Sec.
56	76	97	86 mm Hg.
48	62	84	76 „
66	89	112	114 „

4. Einspritzung von Blut in die Carotis.

Druck vor der Einspritzung	Eingespritzte Menge	Dauer der Einspritzung	Druck nachher
26 mm Hg.	44 ccm	10 Sec.	52 mm Hg.
40 „	72 „	10 „	82 „
36 „	64 „	10 „	70 „
36 „	68 „	15 „	60 „
16 „	83 „	15 „	44 „

5. Blutentziehung aus der Carotis mit der Spritze. Entnommene Menge und Druck von 5 zu 5 Secunden.

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45		
mm	42	34	34	30	28	28	28	28	28	26		
ccm		11	5	9	5	4	2	0	1	1	Summa	38.
mm	50	38	44	39	36	30	24					
ccm		9	8	9	1	9	9				„	45.
mm	48	42	46	38	40	36	30					
ccm		9	7	6	5	4					„	31.

Splanchnicus gereizt.

	0	5	10	15	20	25	30		
mm	76	70	78	64	64				
ccm		10	14	13	6			„	43.
mm	60	58	60	58	60	54			
ccm		17	21	10	13	9		„	70.
mm	54	54	50	52	48				
ccm		15	17	13	12			„	57.
mm	48	56	56	56	56	44	38		
ccm		12	10	13	13	10	8	„	66.

Splanchnicus gereizt, Aorta verschlossen.

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45		
mm	146	160	144	144	136	132	128	128	120	118		
ccm			15	10	11	8	5	4	5	4	„	62.
mm	142	142	134	134	134	134	134	130				
ccm			4	8	3	4	2	2			„	23.
mm		126	122	118	118	116	108	108	102	98		
ccm			6	8	2	5	6	3	4	3	„	37.

Versuch XXVI.

Körpergewicht 10 Kilo. Elektrode an den Splanchnicus, eine Carotis mit dem Ausflussregulator verbunden, das entzogene Blut zeitweilig zurückgeführt.

Digitized by Google

1. Splanchnicus peripher gereizt.

0	10	20	30	Sec.
94	100	118		mm Hg.
106	110	124	124	„

2. Blut in die Jugularis eingeführt.

Druck vor der Einspritzung	Eingespritzte Menge	Dauer der Einspritzung	Druck nachher
30 mm Hg.	75 ccm	2 Sec.	50 mm Hg.

3. Blut in die Vene eingeführt. Einspritzung dauert 10 Secunden.

Druck vorher	Zugeführte Blutmenge	Druck nachher 10	20	30	40	50 Sec.
38 mm Hg.	130 ccm	75	65	65	68	74 mm Hg.
74 „	130	106	110	116	114	116
30 „	75	50	43	43	44	—
48 „	80	80	70	78	78	78
80 „	130	100	136	136	132	130
53 „	130	96	84	92	104	108
48 „	130	73	86	83	88	92
94 „	100	116	118	112	116	114
30 „	125	48	48	42	45	45
84 „	56	93	93	93	90	—

4. Die Carotis mit dem Ausflussregulator in Verbindung, Druck in der zweiten Carotis gemessen, das ausgeflossene Blut wurde gemessen und zurückgeführt. Splanchnicus gereizt.

Regulator eingestellt auf 0	10	20	30	40	50	60 Sec.	Ausflussmenge
108	108	108	106	100	96	96 mm Hg.	150 ccm
78	78	78	78	60	60	56 „	135 „
58	58	64	58	54	45	43 „	112 „
130	130	130	130	100	80	76 „	192 „
110	110	110	110	104	84	76 „	164 „
114	114	114	108	96	74	60 „	150 „
44	46	56	50	46	42	38 „	90 „
92	96	110	90	83	60	54 „	150 „
40	40	40	40	36	—	— „	65 „

Versuch XXVII.

Körpergewicht 10 Kilo. Vorbereitung wie in Versuch XXVI. Zur Ergänzung des ausgeflossenen Blutes diente frisches eines anderen Hundes.

1. Splanchnicus gereizt.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
74	90	128	120	97	85	78 mm Hg.

Digitized by Google

2. Blut eingeführt in die Jugularis.

Druck vor der Einspritzung	Eingespritzte Menge	Dauer der Einspritzung	Druck nachher
48 mm Hg.	84 ccm	3 Sec.	80 mm Hg.

3. Bluteinspritzung in die Vene, die Einspritzung dauert 10 Secunden.

Blutdruck vorher	Eingeführte Blutmenge	Druck nachher 10	20	30	40	50 Sec.
48 mm Hg.	80 ccm	68	84	68	64	64 mm Hg.
48 „	90 „	66	74	70	70	67 „

4. Carotis mit dem Ausflussregulator verbunden wie in XXVI.

Regulator eingestellt auf 0	10	20	30	40	50	60	70 Sec.	Ausflussmenge
66	82	94	76	70	66	50	mm Hg.	120 ccm
60	60	60	60	58	50	46	„	80 „
70	70	70	70	70	58	25	„	90 „
32	32	32	32	32	32	32	„	20 „

Versuch XXVIII.

Körpergewicht 3·5 Kilo.

1. Spianchnicus gereizt.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
140	144	208	180	190	176	166 mm Hg.
170	180	205	190	184	177	166 „

2. Blut in die Jugularis eingeführt.

Drnck vor der Einspritzung	Eingespritzte Menge	Dauer der Einspritzung	Druck nachher
155 mm Hg.	130 ccm	5 Sec.	221 mm Hg.

3. Einspritzung von Blut in die Vene, Dauer 10 Secunden.

Druck vorher	Zugeführte Blutmenge	Druck nachher 10	20	30	40	50	60 Sec.
70 mm Hg.	100 ccm	180	204	200	198	213	220
155 „	130 „	220	224	215	215	215	216
158 „	130 „	233	230	175	236	136	—

4. Carotis mit dem Ausflussregulator verbunden wie in XXVI.

Regulator eingestellt auf 0	10	20	30	40	50	60	70 Sec.	Ausflussmenge
158	158	158	158	140	113	96	80 mm Hg.	25 ccm
222	222	222	214	200	185	185	180 „	40 „
230	230	230	228	220	115	210	208 „	22 „
220	220	220	220	215	205	193	192 „	40 „

Digitized by Google

Versuch XXIX.

Körpergewicht 11 Kilo. Vorbereitung wie in Versuch XXVI.

1. Carotis mit dem Ausflussregulator verbunden. Splanchnicus gereizt.

Regulator eingestellt auf	10	20	30	40	50	60	70 Sec.	Ausflussmenge
46	46	46	46	46	46	45	43 mm Hg.	30 ccm

Versuch XXX.

Körpergewicht 11 Kilo.

1. Peripheres Ende des Splanchnicus gereizt.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
63	84	126	136	130	130	130 mm Hg.
50	63	88	30	120	115	130 „

2. Blut in die Jugularis eingeführt.

Druck vor der Einspritzung	Eingespritzte Menge	Dauer der Einspritzung	Druck nachher
86 mm Hg.	130 ccm	5 Sec.	160 mm Hg.

3. Blut in die Vene eingeführt, die Art. Carotis mit dem Regulator in Verbindung, die fettgedruckten Zahlen geben die Dauer einer eingeleiteten Reizung des Splanchnicus an.

Regulator eingestellt auf	Blutmenge eingeführt	10	20	30	40	50	60 Sec.	Ausgeflossene Blutmenge
90 mm Hg.	130 ccm	100	118	90	88	76	80 mm Hg.	130 ccm
85 „	75 „	85	96	85	70	80	93 „	60 „
86 „	130 „	90	103	86	86	86	80 „	130 „
90 „	130 „	130	116	**106**[2]	**120**	**115**	**90** „	180 „

4. Die Art. Carotis mit dem Regulator in Verbindung gesetzt, der Splanchnicus gereizt.

Regulator eingestellt auf	10	20	30	40	50	60	70	80 Sec.
51	52	74	86	78	62	50	50	140 mm Hg.
144	144	144	144	140	130	126	120	80 „

Versuch XXXI.

Körpergewicht 6 Kilo. Elektrode am Splanchnicus, Ligaturstab an der Aorta unmittelbar unterhalb der Subclavia, ein zweiter an der Pfortader.

---

[1] Die fettgedruckten Zahlen sind während der Reizung des Splanchnicus gewonnen. Die Verschliessung der Pfortader dauerte während der ersten 30 Secunden.

[2] Die Arterie wurde erst in der 30. Secunde geöffnet.

Digitized by Google

1. Aorta und Vena portae geschlossen, Reizung des Splanchnicus von 0—40 Secunden.

Druck in der	Arterie:	162[1]	158	160	158	174
„ „ „	Vene:	6	18	20	20	6

Versuch XXXII.

Körpergewicht 9 Kilo. Elektrode am Splanchnicus, Ligaturstäbe an der Aorta und Pfortader wie bei XXXI. Canüle in einem Zweig der Vena mesenterica nach dem Herzen hin. Die fetten Zahlen geben die Drücke während der Reizung des Splanchnicus.

1. Pfortader offen, Reizung des Splanchnicus.

Druck in der	0	10	20	30	40	50	60 Sec.
Pfortader	14	14	14	14	14	14	mm Hg.
„	14	14	14	14	14	14	„
„	14	16	18	17	16	16	14 „
„	18	22	24	23	20	18	„

2. Aorta und Vena portae geschlossen, Splanchnicus gereizt.

	0	10	20	30	40	50 Sec.
Druck in der Carotis:	116	130	138	140		
Druck in der Vene:	10	18	22	20	16	14 mm Hg.

Dauer der Splanchnicus-Reizung 30 Sec. Schluss der Pfortader von der 20. Secunde an.

	0	10	20	30	40 Sec.
3. Druck in der Carotis:	80	98	116		mm Hg.
Druck in der Vene:	12	20	30	14	12 „

Dauer der Splanchnicus-Reizung 30 Secunden vor Beginn, Verschluss der Pfortader 20 Secunden.

	0	10	20	30 Sec.
4. Druck in der Carotis:	90	106	120	128 mm Hg.
Druck in der Vene:	12	16	28	24 „

Dauer der Splanchnicus-Reizung 30 Sec., des Pfortader-Verschlusses 20 Secunden von der 20. Secunde an.

	0	10	20	30	40	50 Sec.
5. Druck in der Carotis:	68	78	90	98	100	103 mm Hg.
Druck in der Vene:	18	28	31	29	21	18 „

Dauer der Splanchnicus-Reizung 40 Sec. Schliessungsdauer der Pfortader 30 Secunden von der 10. Secunde an.

	0	10	20	30	40	50 Sec.
6. Druck in der Carotis:	51	60	68	75	80	78 mm Hg.
Druck in der Vene:	18	22	32	26	20	18 „

Dauer der Splanchnicus-Reizung 20 Secunden, des Schlusses der Pfortader 20 Secunden.

Digitized by Google

7. Aorta offen, Pfortader geschlossen.

Ohne Reizung des Splanchnicus.

	0	10	20 Sec.
Druck in der Carotis:	60	60	60 mm Hg.
Druck in der Vene:	14	20	14 „

Dauer des Pfortader-Schlusses 10 Secunden.

	0	10	20	30	40	50 Sec.
8. Druck in der Carotis:	70	68	60	58	56	52 mm Hg.
Druck in der Vene:	12	18	20	22	16	12 „

Dauer des Pfortader-Schlusses 30 Secunden.

Reizung des Splanchnicus.

	0	10	20	30	40	50	60 Sec.
9. Druck in der Carotis:	56	54	52	**56**	66	68	60 mm Hg.
Druck in der Vene:	14	18	22	**34**	26	18	14 „

Dauer der Splanchnicus-Reizung 10 Secunden. Schliessungsdauer der Vene 30 Secunden.

	0	10	20	30	40	50	60	70		Sec.
10. Druck in der Carotis:	42	40	40	39	**45**	48	48	46		mm Hg.
Druck in der Vene:	16	18	19	20	21	21	**43**	30	20	14 „

Dauer der Splanchnicus-Reizung 10 Secunden. Schliessungsdauer der Vene 60 Secunden.

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90 Sec.
11. Druck in der Carotis:	40	42	39	38	37	37	**45**	**48**	42	38 mm Hg.
Druck in der Vene:	18	18	21	23	23	24	41	40	26	20 „

Dauer der Splanchnicus-Reizung 20 Sec. Pfortaderschluss 80 Sec.

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90 Sec.
12. Druck in der Carotis:	36	36	34	34	34	**36**	**40**	**40**	36	36 mm Hg.
Druck in der Vene:	18	18	18	19	19	**22**	**44**	**43**	25	18 „

Dauer der Splanchnicus-Reizung 30 Sec. Schliessungsdauer 70 Sec.

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90 Sec.
13. Druck in der Carotis:	40	40	38	37	36	34	**38**	**43**	43	38 mm Hg.
Druck in der Vene:	18	18	20	21	21	22	**34**	**46**	32	18 „

Dauer der Splanchnicus-Reizung 20 Sec. Pfortaderschluss 70 Sec.

	0	10	20	30	40	50	60	70 Sec.
14. Druck in der Carotis:	32	32	32	**36**	**40**	36	32	30 mm Hg.
Druck in der Vene:	14	14	14	**22**	**28**	18	16	14 „

Dauer der Splanchnicus-Reizung 20 Sec. Pfortaderschluss 40 Sec.

Versuch XXXIII.

Elektrode am Nervus Splanchnicus und Vena iliaca rechterseits unterbunden, Canüle nach dem Herzen gerichtet. Die fettgedruckten Zahlen sind während der Reizung der Splanchnicus gewonnen.

Digitized by Google

1. Reizung des Splanchnicus.

	0	10	20 Sec.
Druck in der Arterie:	70	98	100 mm Hg.
Druck in der Vene:	6	6	6 „

Reizungsdauer 20 Secunden.

	0	10	20 Sec.
2. Druck in der Arterie:	56	72	90 mm Hg.
Druck in der Vene:	6	6	6 „

Reizungsdauer 10 Secunden.

Vena cava unterhalb des Zwerchfelles unterbunden.

3. Ohne Reizung des Splanchnicus.

	0	10	20	30	40	50 Sec.
Druck in der Arterie:	50	36	30	24	20	34 mm Hg.
Druck in der Vene:	6	6	7	7	7	— „

Schliessungsdauer der Vena cava 40 Secunden.

Vena cava unter dem Zwerchfell geschlossen.

4. Splanchnicus gereizt.

	0	10	20	30	40	50 Sec.
Druck in der Arterie:	82	63	52	45	83	83 mm Hg.
Druck in der Vene:	6	7	10	12	9	7 „

Venenschluss 30 Secunden. Reizungsdauer 20 Secunden.

	0	10	20	30	40	50 Sec.
5. Druck in der Arterie:	45	40	40	36	60	50 mm Hg.
Druck in der Vene:	6	6	8	10	7	6 „

Schliessungsdauer der Vena cava 30 Sec. Reizungsdauer 30 Sec.

	0	10	20	30	40	50	60	70 Sec.
6. Druck in der Arterie:	56	43	34	30	30	30	28	48 mm Hg.
Druck in der Vene:	6	6	7	8	8	9	10	6 „

Schliessungsdauer der Vena cava 60 Sec. Reizungsdauer 40 Sec.

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100 Sec.
7. Druck in der Arterie:	48	30	25	22	18	18	20	24	24	24	34 mm Hg.
Druck in der Vene:	6	6	6	6	6	6	6	10	10	10	7 „

Schliessungsdauer der Vena cava 90 Sec. Reizungsdauer 40 Sec.

	0	10	20	30	40	50	60	70	80 Sec.
8. Druck in der Arterie:	63	61	35	30	28	28	56	56	56 mm Hg.
Druck in der Vene:	6	6	7	8	10	12	8	8	7 „

Schliessungsdauer der Vena cava 50 Sec. Reizungsdauer 20 Sec.

Versuch XXXIV.

Kaninchen, die beiden Hauptäste der Splanchnici unterhalb des Zwerchfelles durchschnitten, Rückenmark im zweiten Halswirbel durchschnitten und mit Elektroden versehen.

Digitized by Google

1. Rückenmark gereizt.

0	10	20	1 Sec.
48	48	42	mm Hg.
36	36	36	34 „

Versuch XXXV.

Splanchnicus major und minor beiderseits durchschnitten, Splanchnicus tertius linkerseits unversehrt, Rückenmark mit Elektroden versehen.

1. Rückenmark gereizt.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	Sec.
118	114	102	104	110	118	124	124			mm Hg.
118	114	106	114	122	130	136	138	134	133	„
110	105	90	93	99	104	110	114	114	112	„
92	88	83	82	87	90	94	98	98	98	„
92	90	84	80	80	84	86	86	—	—	„
80	78	72	70	73	76	78	80	82	82	„

Versuch XXXVI.

Beide Splanchnici oberhalb des Zwerchfelles durchschnitten, die Zweige oberhalb des Zwerchfelles und die unterhalb des Zwerchfelles unversehrt, Rückenmark durchschnitten und mit Elektroden versehen, d. h. Grenzstrang zwischen dem 11. und 12. Ramus communicans.

1. Reizung des Rückenmarkes.

0	10	20	30	40	50	Sec.
180	193	209	224	224	220	mm Hg.
172	206	248	224			„
198	226	256	220			„

Versuch XXXVII.

Beide Splanchnici oberhalb des Zwerchfelles durchschnitten, zwei Verbindungszweige auf der rechten Seite und einen links oberhalb des Zwerchfelles unversehrt, ebenso die Zweige unterhalb des Zwerchfelles, d. h. Grenzstrang zwischen 10. und 11. und links zwischen dem 11. und 12. Ramus communicans durchschnitten. Halsmark durchschnitten und mit Elektroden versehen.

1. Rückenmark gereizt.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	Sec.
64	65	67	70	82	80	77				mm Hg.
62	68	68	80	105	117	120	118	111		„
63	67	63	69	86	106	111	111	106		„
58	63	57	63	76	95	104	104	103	94	„

Digitized by Google

Versuch XXXVIII.

Beide Splanchnici oberhalb des Zwerchfelles durchschnitten, die Zweige unterhalb unversehrt, d. h. also Durchschneidung des Grenzstranges zwischen 11. und 12. Ramus communicans. Das Halsmark durchschnitten und mit Elektroden versehen.

1. Reizung des Rückenmarkes.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	Sec.
60	61	59	62	74	90	103	98	96	94	mm Hg.
48	50	46	52	65	74	80	80	80	78	„
50	50	50	50	62	68	70	70	70	67	„

Versuch XXXIX.

Alle Aeste des Splanchnicus unterhalb des Zwerchfelles durchschnitten, Halsmark durchschnitten, mit Elektroden versehen und gereizt.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Sec.
38	38	36	36	40	45	48	49	46	43	42	mm Hg.
33	33	31	33	37	40	43	43	43	40	36	„
33	35	31	33	34	36	38	38	38	37	37	„

Versuch XXXX.

Alle Zweige des Splanchnicus unterhalb des Zwerchfelles durchschnitten nur zwei Aestchen zur Niere bleiben unversehrt. Die peripheren Stümpfe des Splanchnicus gereizt.

1. Reizung des Splanchnicus major. Aorta offen.

0	10	20	30	40	50	60	70	Sec.
113	150	220	266	274	258	250	238	mm Hg.
124	178	237	264	253	247	235	220	„

2. Reizung des Splanchnicus minor. Aorta offen.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	Sec.
112	130	144	160	173	180	170	148		mm Hg.
120	127	136	171	187	206	208	196	174	„

3. Reizung der ersten Abzweigung des Splanchnicus major.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	Sec.
138	146	158	180	186	203	228	226	216	mm Hg.

4. Reizung der zweiten Abzweigung des Splanchnicus major.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	Sec.
123	140	164	207	235	235	222	220	213	mm Hg.

Digitized by Google

5. Reizung des Splanchnicus tertius.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
106	118	125	133	144	145	143 mm Hg.
127	152	163	168	177	170	160 „

6. Alle Zweige zum Sonnengeflecht zusammen.

0	10	20	30	40	50	60	70 Sec.
140	176	223	250	272	240	225	217 mm Hg.

Versuch XXXXI.

Alle Zweige des Splanchnicus mit Ausnahme des linken Splanchnicus minor durchschnitten und die peripheren Stümpfe gereizt.

1. Reizung des Splanchnicus major.

0	10	20	30	40 Sec.
104	190	163	150	153 mm Hg.

2. Reizung des Splanchnicus tertius.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
81	78	82	91	103	112	132 mm Hg.

3. Reizung des Splanchnicus minor.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
82	83	80	81	110	135	113 mm Hg.

Versuch XXXXII.

Alle Aeste des Splanchnicus durchschnitten und die peripheren Stümpfe gereizt.

1. Reizung des Splanchnicus major. Aorta offen.

0	10	20	30	40 Sec.
73	103	124	125	114 mm Hg.
93	114	146		„
92	111	130		„

2. Reizung des Splanchnicus major. Aorta offen.

0	10	20	30	40	50 Sec.
154	156	170	180	191	mm Hg.
162	163	174	174	180	183 „
160	164	176	173	168	„

3. Reizung des Splanchnicus minor. Aorta offen.

0	10	20	30	40	50	60	70 Sec.
73	82	90	94	97	90		mm Hg.
90	93	100	104	107	—		„
78	80	80	82	83	90	94	92 „

Digitized by Google

4. Reizung des Splanchnicus minor. Aorta geschlossen.

0	10	20	30	40	50 Sec.
150	148	155	158		mm Hg.
166	167	167	163	158	161 „

5. Reizung des Splanchnicus tertius. Aorta offen.

0	10	20	30 Sec.
71	71	71	73 mm Hg.

6. Reizung des Splanchnicus tertius. Aorta geschlossen.

0	10	20	30	40 Sec.
150	148	153	157	160 mm Hg.

Versuch XXXXIII.

Alle Aeste des Splanchnicus durchschnitten und ihre Enden gereizt bei offener oder geschlossener Aorta.

1. Reizung des peripheren Stumpfes des Splanchnicus major.

Aorta offen.

0	10	20	30 Sec.
94	110	118	135 mm Hg.

Aorta geschlossen.

0	10	20	30	40 Sec.
170	173	180	190	195 mm Hg.

2. Reizung des peripheren Stumpfes des Splanchnicus minor.

Aorta offen.

0	10	20	30	40	50 Sec.
76	84	89	100		mm Hg.
63	70	79	87	84	107 „

Aorta geschlossen.

0	10	20	30 Sec.
160	164	170	170 mm Hg.

3. Erste Abzweigung des Splanchnicus major peripher gereizt.

Aorta offen.

0	10	20	30 Sec.
72	96	103	105 mm Hg.

4. Zweite Abzweigung des Splanchnicus major peripher gereizt.

Aorta offen.

0	10	20	30 Sec.
80	100	110	115 mm Hg.

Digitized by Google

5. Splanchnicus tertius peripher gereizt. Aorta offen.

0	10	20 Sec.
86	90	93 mm Hg.

6. Splanchnicus major minor central gereizt. Aorta offen.

0	10	20	30 Sec.
71	71	71	69 mm Hg.

Versuch XXXXIV.

Alles wie in Versuch XXXXIII.

1. Splanchnicus major peripher gereizt. Aorta offen.

0	10	20 Sec.
81	102	140 mm Hg.
88	112	125 „

2. Aorta geschlossen.

0	10	20	30	40 Sec.
160	180	190	209	mm Hg.
136	146	163	165	174 „
142	141	154	158	167 „
150	152	166	167	„

3. Peripheres Ende des Splanchnicus minor gereizt. Aorta offen.

0	10	20 Sec.
66	86	88 mm Hg.

Aorta geschlossen.

0	10	20	30	40 Sec.
157	150	156	158	159 mm Hg.
128	130	133	136	„
140	138	139	143	144 „
141	142	144	149	150 „

Versuch XXXXV.

Alle Aeste beider Splanchnici mit Ausnahme des linken Splanchnicus minor durchschnitten, die peripheren Enden mit 16 Oeffnungsschlägen in der Secunde gereizt.

1. Splanchnicus major peripher gereizt.

0	10	20 Sec.
63	84	146 mm Hg.
96	180	„
143	150	174 „

2. Splanchnicus minor peripher gereizt.

0	10	20	30 Sec.
131	139	153	176 mm Hg.

Digitized by Google

3. Splanchnicus tertius peripher gereizt.

0	10	20 Sec.
93	117	136 mm Hg.

4. Splanchnicus minor am centralen Stumpfe gereizt.

0	10	20	30 Sec.
135	146	163	163 mm Hg.

Versuch XXXXVI.

Alle Zweige des Splanchnicus mit Ausnahme der beiden Ss. minores durchschnitten. Zu Beginn des Versuches blieben die Aeste der linken Seite unverletzt, wurden aber später ebenfalls durchschnitten. Die Reizung geschah mit 10 Oeffnungsschlägen in der Secunde und bei offener oder geschlossener Aorta.

1. Peripherer Stumpf des Splanchnicus major gereizt. Aorta offen.

0	10 Sec.
93	124 mm Hg.
132	53 „

2. Splanchnicus major gereizt, nur auf der einen Seite durchschnitten.

0	10	20	30	40	50	60 Sec.
55	80	98	104	128	142	156 mm Hg.
107	143					„
95	118	130	131			„

3. Splanchnicus major centrales Ende gereizt, nur auf der einen Seite durchschnitten.

0	10	20	30 Sec.
102	130	140	140 mm Hg.
78	76	86	97 „

4. Alle Zweige des Splanchnicus beiderseits durchschnitten und das centrale Ende gereizt. Aorta offen.

0	10	20	30 Sec.
90	87	92	93 mm Hg.
126	128	133	132 „

Aorta geschlossen.

0	10	20	30 Sec.
164	175	215	220 mm Hg.
172	196	217	„
197	213		„
190	207	225	233 „
195	208	220	222 „
214	207	222	230 „

Digitized by Google

Versuch XXXXVII.

Alle Aeste des Splanchnicus durchschnitten, die centralen und peripheren Enden gereizt mit 16 Oeffnungsschlägen in der Secunde. Ligaturstab an der Aorta dicht unterhalb des Ursprungs der linken Subclavia.

1. Reizung des Splanchnicus major am peripheren Stumpf. Aorta offen.

0	10	20 Sec.
144	165	194 mm Hg.
137	158	110 „
140	146	153 „
120	126	151 „

Aorta geschlossen.

0	10	20 Sec.
142	163	mm Hg.
154	160	164 „

2. Der centrale Stumpf des gesammten Splanchnicus gereizt. Aorta offen.

0	10	20	30 Sec.
120	112	120	mm Hg.
115	122	135	„
116	125	125	„
123	130	146	146 „
128	140	170	„

Aorta geschlossen.

0	10	20 Sec.
243	236	238 mm Hg.
205	220	„
146	153	155 „

Digitized by Google

Zur Frage der specifischen Erregungszeit der motorischen Nervenendigungen.

Von

Dr. Heinrich Boruttau.

(Hierzu Taf. XIII.)

(Aus dem physiologischen Institut der Berliner Universität.)

Nachdem durch die graphische Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Muskelzuckung durch Helmholtz das „Stadium der latenten Reizung" bekannt geworden war, sind die Einflüsse verschiedener Bedingungen auf die Länge der Latenzzeit Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen. Unter diesen Einflüssen ist der Unterschied bemerkenswerth, den man unter gewissen Umständen erhält, je nachdem man den Muskel direct oder vom Nerven aus reizt.

Jeo und Cash haben im Jahre 1881 eine Arbeit über die Beeinflussung der Länge des Latenzstadiums durch verschiedenartige Bedingungen veröffentlicht.[1] Sie arbeiteten mit dem Froschgastroknemius am Pendelmyographion.

Aus ihren Tabellen geht hervor, dass bei der directen maximalen Reizung des Gastroknemius die Latenzzeit eine beträchtlich kürzere ist, als bei der gleich starken indirecten vom Nerven aus, ohne dass jedoch die Autoren diese Thatsachen irgendwie besonders betonen oder eine Erklärung dafür gäben.

Dagegen hat Bernstein im Jahre 1882 die gleiche Thatsache publicirt und durch das Vorhandensein einer specifischen Erregungszeit für das Nervenendorgan an der Muskelfaser erklärt.[2] Er hat auch galvanometrisch

[1] *Proceedings of the Royal Society of London.* XXXIII, p. 462 sq.

[2] *Dies Archiv.* 1882. S. 329—346.

Digitized by Google

einen entsprechenden Zeitunterschied für den Beginn der negativen Schwankung gefunden.

Dieser letztere würde schon aus der Gegenüberstellung viel älterer Versuchsresultate von Bernstein einerseits und Sigmund Mayer andererseits erhellen, über welche du Bois-Reymond in seiner „Experimentalkritik der Entladungshypothese" sagt: „In Hrn. Bernstein's Versuchen am Differentialrheotom zeigte sich bei unmittelbarer Reizung entnervter Muskeln gar kein Stadium der Latenz für die negative Schwankung."

„Nach Hrn. Sigmund Mayer's von mir bestätigten Versuchen am Rheotom beginnt die negative Schwankung am Gastroknemius etwa 0·004 Sec. nach Reizung des Nerven."

Während nun Tigerstedt im Jahre 1885 in einer grösseren Arbeit,[1] in welcher er hauptsächlich zur Klärung der von Place und Gad in den Fluss gebrachten Frage nach der absoluten Dauer des Latenzstadiums die Einflüsse aller möglichen Bedingungen auf die Latenzzeit ausführlich behandelt hat, die Bernstein'sche Erklärung des in Rede stehenden Factums annimmt und auf ihr weiter baut, hat Hoisholt im gleichen Jahre Versuche veröffentlicht, auf Grund deren er die Existenz jener specifischen Erregungszeit ableugnen zu müssen glaubt.[2]

Hoisholt's Versuche sind im Heidelberger Laboratorium unter der Leitung Kühne's ausgeführt, welcher das Verdienst hat, die Existenz freier hypolemmaler Terminalfasern motorischer Nerven bewiesen zu haben, dabei aber bestrebt ist, die Erregungsvermittelung durch elektrische Entladung zu erklären, nachdem du Bois-Reymond in seiner classischen, schon oben erwähnten Experimentalkritik der Entladungshypothese gezeigt hatte, dass eine solche Hypothese, wenn überhaupt, nur sehr stark modificirt aufrecht erhalten werden könne.

Hoisholt will den früheren Zuckungsbeginn bei directer Reizung des Gastroknemius, als bei indirecter, durch eine Summation von Reizen auf den Muskel und die intramusculären Nerven erklären; die Beweise, welche er dafür anführt, gipfeln in folgenden Sätzen: 1. Um den Unterschied regelmässig zu bekommen, ist maximale Reizstärke nöthig. 2. Die grösstmögliche Zuckungshöhe erhält man nicht durch indirecte, sondern durch directe Reizung. 3. Reizte Hoisholt einen parallelfaserigen Muskel, z. B. den Sartorius oder Gracilis des Frosches direct am Hilus und dann indirect vom Nerven aus, so erfolgte der Zuckungsbeginn bei der directen Reizung eher; reizte er ihn dagegen am nervenlosen Ende direct und dann indirect vom Nerven aus, so deckten sich entweder die Curven oder,

[1] *Dies Archiv.* 1885. Supplementband. S. 111.

[2] *Journal of Physiology.* VI. p. 1.

Digitized by Google

noch häufiger, begann die Zuckung bei indirecter Reizung eher, als bei directer.

In Anbetracht der Paradoxie besonders dieses letzteren Resultates, forderte mich Hr. Prof. Gad, dem ich für seine Anregung und Beihilfe meinen verbindlichsten Dank ausspreche, als ich mich mit myographischen Versuchen beschäftigte, auf, eine experimentelle Entscheidung der nunmehr aufgeworfenen Frage nach der Existenz oder Nichtexistenz der specifischen Erregungszeit der Endorgane der motorischen Nerven zu versuchen.

Meine quantitativ sehr ausgedehnten Versuche zielten ab einerseits auf eine nochmalige Untersuchung der Latenzverhältnisse am parallelfaserigen Muskel, andererseits auf eine Erforschung des Einflusses verschiedener Bedingungen speciell auf die Bernstein'sche Zeitdifferenz. Bei dem letzteren Unternehmen habe ich die Wirkung der Bedingungen auf die Länge der Latenzzeit bei directer und indirecter Reizung nicht nur in Curvenpaaren, sondern auch abwechselnd und ganz getrennt untersucht, und somit die älteren Versuche von Yeo, Cash, Tigerstedt u. s. w. wiederholt, aber auch ergänzt.

Ich bemerke gleich hier, dass ich nicht nur die Versuchsergebnisse der genannten Autoren principiell bestätigen konnte, sondern in ihnen, ja schon in der angeführten Stelle aus der Abhandlung von E. du Bois-Reymond auch den Beweis gegen die Hypothese Hoisholt's, wenigstens für den Gastroknemius, gefunden habe; am parallelfaserigen Muskel aber widersprechen meine Versuche erst recht den Angaben Hoisholt's.

Bevor ich mich jedoch hierüber genauer erkläre, will ich Einiges über die von mir befolgte Technik und Versuchsanordnung vorausschicken.

Die Muskeln hingen, der Gastroknemius am Femur, der Sartorius bez. Semitendinosus durch Vermittelung der Symphyse am einen Darmbein von einer Muskelklemme gehalten, senkrecht herab und zogen mittelst Muskelhakens und eines Fadens an einem leichten Metallhebel in einer Entfernung von 52 mm von dessen Drehpunkt. Ein belastendes Gewicht konnte sowohl direct unter dem Muskel, als auch nach Fick an einen um die Welle, bez. eine an derselben angebrachte Rolle geschlungenen Faden angehängt werden; meistens vermittelte ein eingeschalteter Kautschukfaden eine gleichbleibende Spannung.

Der Schreibhebel war aus vollem Rohr, seine Spitze 150 mm von dem Angriffspunkt des Muskels entfernt.

Zum Zwecke der Abkühlung und Erwärmung des ganzen Nervmuskelpraeparates war dasselbe von einem cylindrischen Doppelmantel aus Zinkblech von 55 mm Höhe und 22 mm lichter Weite umgeben, welcher oben und unten durch Glimmer abgeschlossen war, oben mit einer Oeffnung für das Femur, unten mit einer solchen für den Aufhängefaden des Schreibhebels, von hinreichender Weite, um jede Reibung auszuschliessen. Durch

Digitized by Google

ein seitlich angebrachtes isolirendes Rohr ragten zwei hakenförmige Platindrahtelektroden derart in das Innere des Mantels, dass der Nerv dicht bei seinem Eintritt in den Muskel über sie gelegt, bez. gehängt werden konnte, ohne sonst weder die Innenfläche des Mantels, noch den Muskel zu berühren. Der Mantel diente gleichzeitig als feuchte Kammer. Um ihn öffnen zu können, war er selbstverständlich zweitheilig mit Charnieren construirt. Ein Gabelrohr verband ihn oben mit einer zuführenden Schlauchleitung, in welche ein Hahn zur Regulirung des Zuflusses und ein Thermometer eingeschaltet waren. Das durch diese Leitung in den Zwischenraum zwischen die Doppelwände gelangte Kühl- oder Heizwasser floss durch ein zweites Gabelrohr unten ab.

Beim parallelfaserigen Muskel habe ich von dieser Einrichtung keinen Gebrauch gemacht. Der Muskel hing frei und der Nerv wurde in eine mit zwei Elektrodenpaaren versehene feuchte Reizröhre gelegt.

Zur directen Reizung des Muskels war eine Stromzuführung aus Goldlitze zu dem unteren Sehnenhaken vorhanden, ausserdem ein Draht, welcher den Muskelursprung am Femur umklammerte. Diese Einrichtung diente zur directen Reizung des Gastroknemius in seiner ganzen Länge. Demgegenüber habe ich zur localen Reizung zwei Paar Nadelelektroden gleichfalls mit Zuleitung aus Goldlitze benutzt, und zwar beim Sartorius durchgehends, um die Bedingungen Hoisholt's zu wiederholen, und auch beim Gastroknemius einige Male, mit denselben Resultaten, wie bei Reizung des Muskels in seiner ganzen Länge.

Eine Pohl'sche Wippe ohne Kreuz gestattete den Inductionsöffnungsschlag entweder direct auf den Muskel oder auf den Nerven wirken zu lassen; eine gleiche erlaubte die Veränderung der Reizstelle. Ein eingeschalteter Vorreiberschlüssel, sowie gehörige Isolirung des Knochens in der Muskelklemme u. s. w., schloss nachgewiesenermaassen unipolare Abgleichungen beim Nerven und beim Muskel aus.

Zur Registrirung diente die Trommel eines Kymographions von Baltzar und Schmidt, dessen Uhrwerk abgerückt war; statt dessen diente ein kleiner Wassermotor von Möller und Blum (Patent Schaltenbrand und Möller) als bewegende Kraft, indem er durch eine Laufschnur auf ein an der Welle der Trommel angebrachtes Rad wirkte. An diesem letzteren waren zwei Stifte angebracht, welche einen in den primären Stromkreis eingeschalteten Contact bei jeder Umdrehung einmal öffneten und wieder schlossen. Der Schliessungsschlag wurde durch einen kurzschliessenden Schleifcontact abgeblendet. Diese Einrichtung war von dem Institutsmechaniker Oehmke verfertigt.

Da einerseits bei der Aufzeichnung einzelner Curven oder Curvenpaare die Trommel jedesmal besonders durch Spannung der Laufschnur an-

Digitized by Google

gelassen und durch eine Bremse wieder aufgehalten werden musste, so dass die Geschwindigkeit nicht immer genau constant zu erhalten war; um andererseits auch jeden aus einer mangelhaften Fixirung der Trommel auf ihrer Achse etwa erklärlichen oder sonstwie vorkommenden Fehler zu controliren, liess ich ausser dem myographischen Schreibhebel noch zwei Pfeil'sche Signale schreiben, wie sie von Tigerstedt in seiner Arbeit ausführlich beschrieben und abgebildet sind. Das eine war in den primären Stromkreis eingeschaltet, um, wie bei Yeo, den Reizmoment zu markiren — natürlich besitzt es seine eigene Latenzzeit; das andere war mit einer elektromagnetischen Stimmgabel von König in Verbindung und diente zur Zeitschreibung, gestattete somit die beständige Controle der Umlaufsgeschwindigkeiten. Die Fehler waren im Verhältniss zur Mangelhaftigkeit des Motors gering und benöthigten kaum der Reduction, zumal ich auf Ausmessung und absolute Bestimmung der Latenzzeiten weniger Werth gelegt habe, als auf die relative Grösse, bez. die qualitative Anschauung.

Die graphischen Details werde ich bei den einzelnen Tafeln noch näher erläutern.

Als Material dienten mir kräftige ungarische Winterfrösche, theilweise selten grosse und lebhafte Exemplare.

Ich gehe nun zunächst auf meine Versuche am Gastroknemius ein.

Hoisholt giebt an, bei der von Bernstein beschriebenen Anordnung bez. Reizstärke — 1 Daniell und 100 mm Rollenabstand am du Bois-Reymond'schen Schlitteninductorium — die in Rede stehende Zeitdifferenz nicht erhalten zu haben; hierbei ist jedoch seine Reizstärke kaum maximal, jedenfalls geringer als bei Bernstein gewesen, denn dieser versteht unter 0 mm „übereinandergeschobene Rollen", während Hoisholt ein Inductorium benutzte, welches auf 0 zeigte, wenn die Rollen sich eben berührten. Indessen habe ich bei der Vergleichung der Latenzstadien bei verschiedenen Reizstärken die übermaximale Reizung besonders berücksichtigt, zumal bei ihr die Bernstein'sche Zeitdifferenz am praegnantesten ist. Ich habe also in die primäre Rolle des Schlitteninductoriums 2 Daniellelemente hintereinander eingeschaltet und lag hierbei die maximale Oeffnungsreizstärke zwischen 8 und 10 cm Rollenbestand für den direct gereizten Muskel.

Taf. XIII Fig. 1 zeigt 7 bei ganz übereinander geschobenen Rollen, also übermaximaler Reizstärke erhaltene Curvenpaare, welche sich durchweg gleichen. Oben darüber sind als veranschaulichendes Beispiel der graphischen Controle die dazu gehörigen Stromöffnungsmomente durch ein Pfeil'sches Signal markirt, noch weiter darüber durch das zweite, wie erwähnt, mit der 100mal in der Secunde schwingenden Stimmgabel verbundene zeitschreibende Signal erhaltene Zeitcurven. Bei denselben ent-

Digitized by Google

spricht jede Schwingungscurve (von beiläufig 5 mm Länge, da die Trommel mit 495 mm Umfang eine Umdrehung pro Secunde machte) der Zeit von 0·01 Sec. und jeder Millimeter Abscissenlänge der Zuckungscurven derjenigen von 0·002 Sec.

Alle 7 Curvenpaare zeigen die Zeitdifferenz zwischen dem Zuckungsbeginne bei directer und indirecter Reizung, wie bei Bernstein. Die Länge des Latenzstadiums beträgt bei directer Reizung ca. 0·009 Sec. (4·5 mm), bei indirecter Reizung ca. 0·014 Sec. (7 mm).

Fig. 2 zeigt in 10 Curvenpaaren den Einfluss der Reizstärke auf das Latenzstadium sowohl bei directer, als auch bei indirecter Reizung, somit auch die Differenz. Bei 0 cm (Nr. 1 und 10), 2 cm (Nr. 9), 3 cm (Nr. 2), 4 cm (Nr. 8) Rollenabstand sind die Verhältnisse im Ganzen die gleichen, wie bei Fig. 1; bei 6 cm (Nr. 3 und 7) ist die Latenzzeit bei directer Reizung länger geworden, bei indirecter die gleiche geblieben; die Differenz ist somit verkleinert; noch mehr ist das bei 8 cm RA. der Fall (Nr. 6); bei 9—15 cm ist sie verschwunden, die Curven decken sich annähernd (Nr. 4 und 5).

Zur besseren Erkenntniss habe ich auch den Einfluss der Reizstärke auf das Latenzstadium bei directer Reizung und indirecter Reizung getrennt untersucht. Ueber die letztere findet sich nur in der Arbeit von Yeo und Cash eine Tabelle, welche zugleich Ermüdungsresultate darstellen soll und doppelt mangelhaft ist.

Fig. 3 zeigt Ergebnisse der directen Reizung des nicht curarisirten Gastroknemius. Bei 0, 2, 4 cm R.-A. (Nr. 1—3) hat das Latenzstadium wieder die kürzere Dauer — 0·008 Sec. (4 mm); bei 6, 7, 8, 9 cm (Nr. 4—7) nimmt es rasch zu; von 9—15 cm (Nr. 8—10, 12, 11,) nimmt es kaum mehr zu und hat dabei die Länge desjenigen bei indirecter Reizung, beiläufig 0·012—0·014 Sec. (6—7 mm). Zum Vergleich sind am Fusse der Figur 2 Curvenpaare (M und N) bei ganz aufgeschobenen Rollen aufgenommen.

Wie Fig. 4 zeigt, nimmt bei indirecter Reizung das von vornherein lange Latenzstadium (0·012 Sec. = 6 mm bei Nr. 1) von 0 cm bis 18 cm RA nur wenig zu (0·014 Sec. = 7 mm bei Nr. 9).

Somit findet bei einem gewissen Bereiche der Reizstärke bei directer Reizung des nicht curarisirten Gastroknemius eine ziemlich rasche Zunahme des Latenzstadiums statt, während von da ab die Zunahme wieder langsam stattfindet und die Verhältnisse vollständig denen bei indirecter Reizung gleichen. Das Ergebniss stimmt überein mit den Tabellen von Yeo und Cash (s. u.) und mit den Angaben Tigerstedt's, welcher diese Thatsache eben durch die Annahme Bernstein's folgendermaassen erklärt: „Beim nicht curarisirten Muskel treten bei schwächerer Reizstärke zuweilen maximale Zuckungen mit längerer Latenzdauer auf; sie sind durch Reizung

Digitized by Google

von den Nervenenden aus bedingt; ihre Latenzzeit ist den anderen maximalen Zuckungen gegenüber durch die specifische Latenzdauer der Nervenendapparate vermehrt."

Dem gegenüber müsste man nach Hoisholt annehmen, dass die kürzeren Latenzstadien durch summirte Reizung der Muskelsubstanz und der intramusculären Enden zu erklären seien.

Nun hat aber Tigerstedt gefunden, dass „bei Reizen maximaler Stärke die Latenzdauer die gleiche ist, der Muskel mag curarisirt sein oder nicht". Das Gleiche zeigt eine unten anzuführende Tabelle von Yeo und Cash; ja endlich sei die oben erwähnte Stelle aus du Bois-Reymond's Abhandlung wieder angeführt, nach welcher Bernstein „bei unmittelbarer Reizung des (jedenfalls doch durch Curare) entnervten Muskels" kein Latenzstadium für die negative Schwankung fand, während dasselbe in S. Mayer's Versuchen mit indirecter Reizung 0.004 Sec. betrug!

Ein Beispiel meiner Versuche am curarisirten Gastroknemius geben die 10 Curven der Fig. 5. Bei 0, 1, 2, 4, 5 cm RA. zeigt sich auch hier das kürzere Latenzstadium von 0.008 Sec. (4 mm), Nr. 1—5. Von 6 cm ab aber nimmt zugleich mit abnehmender Hubhöhe das Latenzstadium stetig und bedeutend zu — 0·016 Sec. (8 mm) bei 9 cm, 0·02 Sec. (10 mm) bei 10 cm RA., Nr. 9 und 10.

Bei übermaximaler Reizstärke zeigt also auch der curarisirte Muskel, der doch nach der heutigen Annahme keine functionsfähigen Nervenendigungen enthält, die kürzeren Latenzzeiten, welche Hr. Hoisholt auf Summation der Reize auf Muskelsubstanz und intramusculäre Nerven bezieht!

Ich nehme für mich hier auch nur das Verdienst in Anspruch, zum Gegenbeweis auf diese Thatsache hinzuweisen. Die Versuchsergebnisse finden sich auch bei Tigerstedt und schon bei Yeo und Cash.

Es sei mir gestattet, das wichtigste hierauf Bezügliche aus den Arbeiten dieser Autoren hier vorzuführen.

So aus der Tigerstedt'schen:

Versuchs-Nr.	Zuckungshöhe	RA. in cm	Latenzzeit in Sec.
16	10—11 mm	0—8	0·0055
		9—10	0·0079
17	9·5 „	0—8	0·0054
		10	0·0075
20	14 „	0—8	0·0055
		9—10	0·0088
21	12 „	0—7	0·0055
		8	0·0071

Digitized by Google

Die genannte Tabelle betrifft den nicht curarisirten Muskel; Tigerstedt giebt an, dass das Latenzstadium beim curarisirten Muskel mit abnehmender Reizstärke weniger plötzlich zunimmt, als beim nichtcurarisirten Muskel; dafür spräche auch folgende Aufstellung aus seinen Resultaten:

	RA. in cm	Latenzzeit in Sec.
Nicht curarisirt	0	0·0055
Curarisirt		0·0055
Nicht curarisirt	9	0·0070
Curarisirt		0·0061
Nicht curarisirt	10	0·0080
Curarisirt		0·0080

Ein Vergleich meiner Figg. 3 und 5 spräche auch etwas für diese auffallende Thatsache, welche nur durch einen plötzlichen Uebergang der Wirkung von der Muskelsubstanz auf die intramusculären Nerven allein bei abnehmender directer Reizung des uncurarisirten Muskels zu erklären wäre; für diese Deutung spricht die völlige Uebereinstimmung (auch in Hubhöhe und Zuckungsform) mit der indirecten Reizung bei weiterhin abnehmender Reizstärke; vergleiche die Figg. 3 und 4 miteinander.

Aus der Arbeit von Yeo und Cash möchte ich folgende Tabellen anführen:

„Nicht curarisirter Muskel, directe Reizung (2 kleine Grove-Elemente, 10 g. Belastung)."

RA. in cm	Latenzzeit in $^1/_{180}$ Sec.	RA. in cm	Latenzzeit in $^1/_{180}$ Sec.
20	3·75	2	2·25
18	3·6	4	2·25
16	3·5	6	2·25
14	2·75	8	2·35
12	2·55	10	2·45
10	2·35	12	2·55
8	2·10	14	3·0
6	2·05	16	3·45
4	2·05	18	3·65
2	2·05	20	3·8
0	2·15		

Die plötzliche Zunahme liegt hier zwischen 12 und 16 cm Rollenabstand.

Digitized by Google

„Curarisirter Muskel (2 kl. Grove, 10 g. Belastung)."

RA. in cm	Latenzzeit in $^1/_{180}$ Sec.	RA. in cm	Latenzzeit in $^1/_{180}$ Sec.
13·5	3·45	10·0	2·25
13·0	3·25	9·0	2·25
12·5	2·75	8·0	2·2
12·0	2·4	7·0	2·2
11·0	2·3	6·0	2·1

Bei weiterer Zunahme der Reizstärke haben die Autoren hier auch Zunahme der Latenzzeit, was diese Versuchsreihe ebenso mangelhaft macht, wie die folgende, bei welcher (absichtlich?!) zwei Bedingungen, Reizstärke und Ermüdung, combinirt sind:

„Indirecte Reizung, (1 Daniell, 10 g. Belastung)."

	RA. in cm	Latenzzeit in $^1/_{180}$ Sec.
1. Reiz	28	3·0
10. „	19	2·95
20. „	10	2·90
30. „	0	2·85

Wie dem auch sei, jedenfalls darf ich aus den Ergebnissen der Autoren und den meinigen Verhältnisse als thatsächlich entnehmen, welche ich durch Skizzen von Curven veranschaulichen möchte, deren Abscissen der Länge des Latenzstadiums und deren Ordinaten der Reizstärke entsprechen, letztere von unten nach oben abnehmend. Die Curven sind aus meinen Figuren ohne Weiteres ersichtlich, indem ihre Punkte den Anfängen der Zuckungscurven entsprechen.

Um die Verhältnisse bei directer Reizung des nicht curarisirten Muskels, bei indirecter Reizung und beim curarisirten Muskel in ihren Beziehungen zu einander schärfer hervortreten zu lassen, will ich den Verlauf der drei Arten der Reizung hier graphisch versinnlichen.

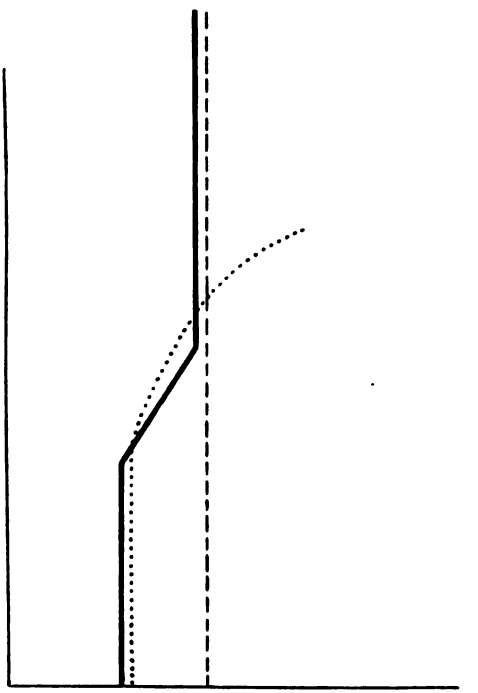
In der nebenstehenden Skizze bezieht sich die starke ausgezogene Curve auf die directe Reizung des nichtcurarisirten Muskels, die punktirte auf diejenige des curarisirten Muskels, also der Muskelsubstanz, und die gestrichelte auf die indirecte Reizung vom Nerven aus.

Bevor ich auf den gedachten Beweisgrund gegen die Hypothese Hoisholt's aufmerksam wurde, habe ich lange Zeit darauf verwandt, die Einwirkung der Temperatur und der Ermüdung auf das Latenzstadium, bez. die Bernstein'sche Differenz zu studiren und möchte etwas hierüber berichten, bevor ich zu meinen Versuchen am parallelfaserigen Muskel übergehe.

Digitized by Google

Nach Yeo, Cash und Tigerstedt verlängert Abkühlung die Latenzzeit, während Erwärmung sie abkürzt. Es gilt dies sowohl für die directe als auch für die indirecte Reizung.

Betrachten wir zuerst die Wirkungen der Abkühlung. Während dieselbe fortschreitet, schreitet auch die Zunahme der Latenzzeit fort. Nimmt man daher während des Fortschrittes der Abkühlung (bez. ihrer Wirkung auf die Organe) Curvenpaare auf, so wird man, vorausgesetzt, dass der Einfluss auf Muskel und Nerv gleichläuft, eine scheinbare Vergrösserung der Bernstein'schen Differenz erhalten, wenn man erst direct und dann indirect reizt (MN), dagegen eine scheinbare Verkleinerung, wenn man erst indirect und dann direct reizt (NM). Wenn durch die Abkühlung ein stationärer Zustand erreicht ist, so wird in beiden Fällen die Differenz wieder gleich sein, und zwar müsste sie wieder die gleiche sein, wie anfangs, wenn die Erregungszeit der Endorgane selbst durch die Temperatur nicht beeinflusst wird.



Den eben geschilderten Verhältnissen entspricht die Fig. 6.

Hier sind in den beiden bei Zimmertemperatur (ZT) aufgenommenen Curvenpaaren die Differenzen noch bei der verschiedenen Aufeinanderfolge (MN bez. NM) gleich; Latenzzeit für M = 0·008 Sec. (4 mm), für N = 0.012 Sec. (6 mm). Bei Nr. 3, wo die Abkühlung beginnt, ist sie vergrössert (MN), bei Nr. 4 (NM) wieder relativ kleiner, bei Nr. 5 (MN) wieder grösser, bei Nr. 6 wieder kleiner (NM). Bei Nr. 7 und 8 ist mit dem stationären Zustand wieder die ursprüngliche Differenz vorhanden [Latenzzeit M = 0·012 Sec. (6 mm), N = 0·016 Sec. (8 mm)], während das Gesammtlatenzstadium erheblich verlängert ist.

Auch hier kann man die Verhältnisse während der fortschreitenden Abkühlung durch abwechselnde oder ganz getrennte directe und indirecte Reizung analysiren.

Auf diese Weise ist zum Beispiel Fig. 7 gewonnen. Die Doppelcurven

Digitized by Google

Nr. 1 und 2 zeigen die bekannten Verhältnisse; von Nr. 3 an wurde abwechselnd direct und indirect gereizt und gleichzeitig durch den Mantel durchströmende Kältemischung bis zu —2° am Thermometer der Leitung abgekühlt. Die Curven der Zunahme der Latenzdauer, nach der oben erklärten Art gedacht, verlaufen annähernd parallel; die Curvenpaare Nr. 15 (MN) und 16 (NM) zeigen mit beinahe stationärem Zustande wieder, soweit es sich bei dem flachen Abheben der Curven von der Abscissenaxe beurtheilen lässt, die gleichen Differenzen wie Nr. 1 und 2, während die gesammte Latenzdauer ganz ausserordentlich verlängert ist: M = 0·018 Sec. (9 mm), N = 0·023 Sec. (11·5 mm).

Dagegen könnte die Fig. 8, welche sonst genau wie Fig. 7 gewonnen ist, für eine Vergrösserung der Differeuz in der Kälte sprechen, indem bei der Abkühlung bis auf 0° von Nr. 3 bis 11 das Latenzstadium bei indirecter Reizung stärker wächst als bei directer. Bei den Doppelcurven Nr. 12 bis 14 ist dasselbe für M = 0·012 Sec. (6 mm), für N = 0,018 Sec. (9 mm) geworden.

Dieselbe Methodik ist nämlich auch für die Untersuchung des Einflusses der Wärme zu verwenden. Die einzigen vertrauenerweckenden Ergebnisse sind die Doppelcurven der Fig. 9, welche ganz wie diejenigen von Fig. 6 aufgenommen wurden, bei einer Erwärmung bis zu 35° des Leitungsthermometers. Das Endresultat bei Fig. 9 und 10 ist eine unzweifelhafte Verkürzung der Gesammtlatenzzeit, vielleicht auch eine solche der Bernstein'schen Differenz. Latenzzeit Nr. 9 und 10 für M = 0.004 Sec. (2 mm), für N = 0·008 Sec. (4 mm). Doch möchte ich darauf aufmerksam machen, dass das Praeparat vorher abgekühlt gewesen war, was an den Doppelcurven Nr. 1 und 2 noch deutlich erkennbar ist (langgestreckter Curvenverlauf).

Ueber die Wirkung der Ermüdung habe ich für die directe und die indirecte Reizung gesondert zahlreiche Versuchsreihen ausgeführt. Die Anordnung war dabei derart, dass die Registrirtrommel durch den Wassermotor in constanter, meist etwas langsamerer Umdrehung erhalten wurde und bei jeder Umdrehung den primären Stromkreis einmal öffnete und einmal schloss; der Schliessungsschlag wurde durch den schon erwähnten Schleifcontact jedesmal abgeblendet, während jeder Oeffnungsschlag eine Zuckung des Muskels erregte. Nun waren aber Muskelklemme, Elektrodenhalter und die beiden Pfeil'schen Signale, Reizschreiber und Zeitschreiber, derart befestigt, dass man vermöge einer Schraube nebst Anschlag und Feder mit der Hand in beliebigen Intervallen, zum Beispiel alle 10 oder 20 Zuckungen, die sämmtlichen Schreibspitzen gleichzeitig an die berusste rotirende Fläche anrücken und nach Aufschreiben einer Zuckungscurve

Digitized by Google

wieder abrücken konnte. Während der Zwischenzeiten wurde die Trommel jedesmal um ein entsprechendes Stück gesenkt.

Figg. 10 bis 12 sind drei auf diese Weise gewonnene Curvenreihen, und zwar betrifft Fig. 10 die directe, Fig. 11 die indirecte Reizung bei maximaler Reizstärke, Fig. 12 die indirecte Reizung bei supramaximaler Reizstärke. Die Intervalle zwischen den einzelnen Curven betragen durchwegs 20 Zuckungen, nur zwischen Nr. 1 und 2, Fig. 12, liegen 60 Zuckungen. Diese Curven sind übrigens nicht mit den anderen commensurabel, da die Umdrehungsgeschwindigkeit kleiner war. Man ersieht aber aus denselben ohne Weiteres, dass bis ca. 300 Zuckungen weder bei directer noch bei indirecter Reizung eine Veränderung der Latenzzeit stattfindet. Auch Yeo und Cash fanden erst bei 1000 Zuckungen eine Verlängerung der Latenzzeit; ich halte es jedoch für nicht ausgeschlossen, dass dieselbe schon früher eintritt, indem, wie auch aus Fig. 11 ersichtlich, schon bei 300 Zuckungen eine Contractur sich bemerkbar macht, welche an und für sich das Latenzstadium verkürzt.

Es wird im Vorigen aufgefallen sein, dass die von mir erhaltenen Latenzstadien relativ sehr lang sind, zumal gegenüber den Werthen Tigerstedt's; es rührt dies von der starken Belastung her, welche ich dem Gastrocnemius in Anbetracht der supramaximalen Reizstärke gab, um die Hubhöhe zu mässigen. Bei sämmtlichen, den abgebildeten Curven zu Grunde liegenden Versuchen waren 50 g angehängt. Bekanntlich wächst mit der Belastung auch die Latenzzeit; es scheint für die Bernstein'sche Differenz dasselbe der Fall zu sein, denn meist betrug sie bei mir 0·004 gegen 0·003 Sec. bei Bernstein. Ueber den Einfluss der Temperatur auf dieselbe möchte ich nichts definitiv aussagen. Der Haupteinwand Hoisholt's gegen die Deutung Bernstein's liegt in seinen Versuchen am parallelfaserigen Muskel.

Ich habe dieselben am Sartorius wiederholt. Dieser Muskel wurde mit 10 g belastet; der Nerv wurde in die Reizröhre gelegt, dicht an seinem Eintritt in den Muskel gereizt. Der Muskel wurde an einem seiner nervenlosen Enden gereizt. Für das untere diente der Muskelhaken als eine, eine Nadelelektrode als andere Stromzuführung; am oberen Ende wurden zwei Nadeln eingestochen. Auf unipolaren Wirkungen wurde vorher geprüft.

Ich habe nun auch hier durchwegs mit 2 Daniell-Elementen und aufgeschobenen Rollen gereizt. Die Resultate finden sich in Figg. 13 bis 15. Bei Figg. 13 und 14 wurde der Muskel am unteren Ende direct gereizt. Die Bernstein'sche Differenz ist hier deutlich ausgesprochen zu sehen auch in Nr. 1 von Fig. 14, wo bei der indirecten Reizung die Hubhöhe etwas grösser ausgefallen ist.

Bei der directen Reizung am oberen Ende, Fig. 15, ist es mir wegen

Digitized by Google

der raschen Abnahme der Reizbarkeit in dem überaus feinen Nerven nicht gelungen, ein Curvenpaar mit gleichen Hubhöhen zu erzielen. Indessen zeigt Nr. 2, dass die Zuckungen bei directer Reizung in allen Stärken, auch den geringeren, ein kürzeres Latenzstadium haben, als diejenigen bei indirecter.

Immerhin glaube ich den grellen Gegensatz der Hoisholt'schen Resultate zu den meinigen dadurch vielleicht doch zu erklären, dass er nicht mit übermaximalen Reizstärken arbeitete. Da die nervenlosen Enden des Sartorius sich wie ein curarisirter Muskel verhalten dürften, nimmt ihr Latenzstadium rasch zu; möglich, dass sich dadurch sowohl die Deckung der Curven, als auch die paradoxe Umkehrung der Bernstein'schen Differenz erklären liesse.

Dazu kommt aber noch eine Thatsache, welche auch erklärt, dass die genannte Differenz bei meinen Versuchen am parallelfaserigen Muskel im Verhältniss zum Gesammtlatenzstadium kleiner ist, als am Gastrocnemius. Ich habe gefunden, dass beim curarisirten Sartorius und Semitendinosus die Latenzzeit meist etwas kürzer ist, wenn man am Hilus, bez. in der Mitte des Muskels zwei Nadelelektroden eingestochen hat, als am Ende. Es war dies auf Grund der Resultate Gad's[1] auch nicht anders zu erwarten: Die Contractionswelle pflanzt sich eben im ersteren Falle nach beiden Seiten gleichzeitig fort und hat nur die Hälfte des Weges zu durchlaufen, somit nur die Hälfte der Zeit nöthig, um den ganzen Muskel zu activiren, als im zweiten Falle.

Zu dem Umstande, dass Hr. Hoisholt keine supramaximalen Reize angewandt hat, hinzugerechnet, vermag diese Thatsache die bei Hoisholt regelmässige Umkehrung der Lage des Zuckungsbeginnes zu einander ganz gut zu erklären.

Jedenfalls möchte ich der Ansicht Hoisholt's gegenüber ganz kurz wiederholen:

Erstens hat der supramaximal gereizte curarisirte Muskel dieselbe kurze Latenzzeit, wie der direct gereizte nicht curarisirte Muskel gegenüber dem indirect gereizten.

Zweitens findet man die Bernstein'sche Zeitdifferenz bei richtiger Versuchsanordnung auch beim parallelfaserigen Muskel, wenn man denselben direct und an einem der nervenlosen Enden indirect supramaximal reizt.

Ich glaube daher, dass man mit Bernstein eine specifische Erregungszeit der motorischen Nervenendigungen annehmen darf.

---

[1] Ueber das Latenzstadium des Muskelelements und Gesammtmuskels. *Dies Archiv.* 1879. S. 250.

Digitized by Google

Beitrag zur Lehre von der Athmung der Eier.

Von

G. Hüfner.

In der älteren Litteratur über die Athmung der Eier[1] begegnet man — worauf mich zuerst mein Freund Prof. Schwalbe in Strassburg aufmerksam machte — mehrfach der sehr bestimmten Angabe, dass der Sauerstoffgehalt der kleinen Luftmengen, die sich allmählich unter der harten Schale unbebrüteter Eier ansammeln, grösser sei als derjenige der Atmosphäre. So fand z. B. Bischof, der nur die geringen Mengen der aus einzelnen Hühnereiern aufgefangenen Luft untersuchte, im Mittel aus 4 Analysen angeblich 23·475 Vol. Procent; und Dulk, der auf Wunsch des Vaters der Entwickelungsgeschichte, C. E. v. Baer, das Gas analysirte, welches Hühnereier in den verschiedenen Stadien ihrer Bebrütung enthielten, behauptet, dass er in der vereinigten Luft von je 8 unbebrüteten Eiern das eine Mal einen Sauerstoffgehalt von 25·26, ein zweites Mal von 26·77 Procent gefunden habe.

Solche Befunde, deren Richtigkeit anzuzweifeln man trotz der gegeringeren Schärfe der gasanalytischen Methoden damaliger Zeit doch zunächst keine Berechtigung hat, müssen in der That im höchsten Grade auffallend erscheinen.

Schon Bischof[2] fügte seiner Mittheilung die Bemerkung bei: „Sehr auffallend war es mir, in dem Eie eine Luft zu finden, welche mehr Sauerstoff enthielt als die atmosphaerische; ich muss gestehen, dass mich der umgekehrte Fall weniger befremdet haben würde.“ Dulk[3] hingegen

[1] D. G. Bischof, Chemische Untersuchung der Luft, welche sich in den Hühnereiern befindet (*Jahrbuch der Chemie und Physik.* 1823. Bd. IX. S. 446). — Dulk, Untersuchungen über die in den Hühnereiern enthaltene Luft (*Jahrbuch der Chemie und Physik.* 1830. Bd. XXVIII. S. 363). — Vergl. auch Joh. Müller, *Handbuch der Physiologie des Menschen.* 1844. 4. Aufl. Bd. I. S. 245.

[2] A. a. O. S. 447.

[3] A. a. O. S. 365.

Digitized by Google

suchte sich den merkwürdigen Befund durch den Hinweis auf die „bekannte Erfahrung“ zu erklären, „dass die im Wasser enthaltene Luft 31 bis 32·8 Procent Sauerstoff enthält; denn von der durch die Schale des Eies dringenden atmosphaerischen Luft wird durch das im flüssigen Zustande befindliche Eiweiss und das Eidotter mehr Sauerstoffgas aufgenommen; doch ist die dickliche Beschaffenheit dieser Füssigkeiten hinderlich, so dass sie nicht ebenso viel Sauerstoff aufnehmen können als das Wasser.“ Woher aber das ausserhalb der dicklichen Flüssigkeit, nämlich zwischen ihr und der harten Eischale, befindliche Gas unmittelbar stamme, darüber sagt Dulk nichts aus. Offenbar dachte er sich das Zustandekommen der Erscheinung so, dass die eiweisshaltige Flüssigkeit ursprünglich den ganzen von der harten Eischale umschlossenen Raum ausgefüllt gehabt und so leicht mit den hereindiffundirenen Gasen der Atmosphaere gesättigt worden sei; dass aber in dem Maasse, als Flüssigkeit nach aussen abgedunstet, sich allmählich ein flüssigkeitsfreier Raum zwischen den beiden Schalenhäuten ausgebildet habe, in welchem dann diejenigen Gase zurückgeblieben seien, welche vorher in der abgedunsteten Flüssigkeit absorbirt enthalten gewesen: daher dann ihr grösserer Sauerstoffgehalt.

Nach unseren jetzigen Erfahrungen könnte am natürlichsten die Annahme erscheinen, dass in dem Maasse, wie der durch Wasserverdunstung schrumpfende Einhalt sich am stumpfen Ende des Ganzen von der harten Schale loslöst und zurückzieht, die Gase der Atmosphaere durch die poröse Wand von aussen nachdringen; dass aber der procentische Sauerstoffgehalt der Innenluft desswegen grösser als der atmosphärische werden müsse, weil vermuthlich die Diffusionsgeschwindigkeit des Sauerstoffs grösser als diejenige des Stickstoffs sei, — ein Verhalten, das z. B. Bunsen[1] bei seinen Diffusionsversuchen mit dem Gypspfropfe wirklich nachgewiesen.

Ja man könnte sogar in einem derartigen Verhalten — seine Wirklichkeit beim Ei vorausgesetzt — eine sehr zweckmässige Einrichtung der Natur erblicken wollen, dahin zielend, die Sauerstoffzufuhr zu dem sich entwickelnden Embryo zu erleichtern.[2] —

Man sieht: es sind jene sonderbar klingenden Angaben geeignet, allerlei interessante physikalische und auch physiologische Fragen anzuregen. Einige derselben dürften wichtig genug erscheinen, um eine besondere Experimentaluntersuchung zu verdienen.

---

[1] *Gasometrische Methoden.* 2. Aufl. 1877. S. 275—277.

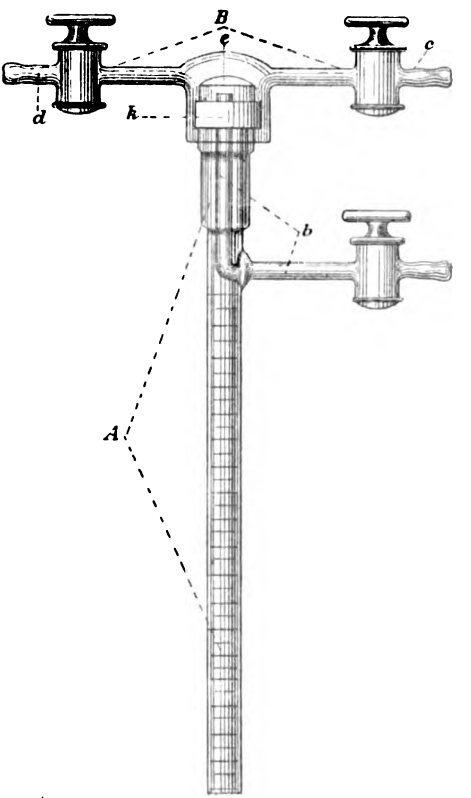
[2] Vergleiche indessen in betreff der Frage, ob ein solcher Unterschied der Diffusionsgeschwindigkeiten die in einem Binnenraume angesammelte Luft dauernd anders mischen könne, als die Aussenluft, die Auseinandersetzung auf S. 475.

Digitized by Google

Diffusionsversuche an harter Eischale.

Die wichtigste Frage, die experimentell zu erledigen war, war die nach der specifischen Geschwindigkeit, mit welcher die einzelnen hier in Betracht kommenden Gase durch die Eischale dringen.

Ich konnte mich bei der betreffenden Untersuchung eines Apparates bedienen, der im Wesentlichen dem bekannten Bunsen'schen Diffusiometer[1] nachgebildet ist und den ich in einer von der jetzigen wenig verschiedenen Form bereits früher,[2] bei Diffusionsversuchen an Hydrophanplatten, hinlänglich erprobt hatte.



Da ich nicht voraussetzen darf, dass dieser Apparat in physiologischen Kreisen allgemein bekannt ist, so sei er hier in aller Kürze abermals beschrieben.

Der wesentlichste Theil desselben, s. nebenstehende Fig., ist aus zwei verschiedenen Stücken zusammengesetzt: 1. dem senkrecht stehenden, graduirten Glasrohre *A*, das, unten offen, in einen mit Quecksilber gefüllten Cylinder taucht und dessen obere Mündung durch ein luftdicht auf die glatt geschliffenen Glasränder aufgekittetes Diaphragma (Plättchen oder Membran) *e*, durch welches hindurch die Gasdiffusion stattfinden soll, geschlossen ist; 2. der gläsernen, mittels Kautschukring *k*, auf das erstere luftdicht aufgesetzten Kappe *B*, durch deren einander gegenüberstehende und mit je einem Glashahne versehene Röhren (*c* und *d*) das unmittelbare Ueberleiten eines Gasstromes über die Platte ermöglicht wird.

---

[1] *Gasometrische Methoden.* 2. Aufl. 1877. S. 269—274.

[2] Wiedemann's *Annalen.* XVI. S. 253.

Digitized by Google

In das Glasrohr *A* ist seitlich das gleichfalls mit einem Hahne versehene Röhrchen *b* eingeschmolzen, das im Inneren von *A* rechtwinklig nach aufwärts gebogen ist und nur wenige Millimeter unter dem aufgekitteten Diaphragma mündet. Es hat den Zweck, 1. das Rohr leicht mit den verschiedensten Gasen füllen, 2., im Falle es nöthig sein sollte, etwas von dem in *A* eingeschlossenen Gase bequem zum Behufe der Analyse entnehmen zu lassen.

Die Herstellung und Aufkittung eines aus harter Eischale bestehenden gewölbten Plättchens, namentlich aber das saubere Ausschneiden desselben, macht mehr Mühe als man glauben möchte. Da die harte Schale bei jedem Versuche, etwa mit der Scheere ein kreisförmiges Stück davon ausschneiden zu wollen, sofort zersplittert, so überzog ich das Ei anfangs auf seiner ganzen Oberfläche mit Wachs, grub daraus, und zwar auf beiden Wirbeln, mit einem Stichel bis auf die harte Schale hinab je einen Kreis von gewünschter Grösse heraus und betupfte die Rinne zu wiederholten Malen mit concentrirter Salzsäure. Nach mehreren Stunden war in der That der gezogene Kreisumfang ziemlich durchgeätzt, so dass sich die Kugelmützchen — um ihrer ähnlichen Form willen darf ich die Stücke wohl einmal so nennen — nunmehr mit dem Messer leicht völlig isoliren liessen. Alsdann wurden die häufig etwas zerfetzten Reste des die Innenfläche auskleidenden zarten Häutchens vollends mit der Pincette, der Wachsüberzug aber durch aufeinander folgendes Auskochen mit Alkohol und Aether entfernt, und endlich noch wurde jedem Stücke durch vorsichtiges Reiben des Ganzen auf feinem Sandpapier auf seiner concaven Seite ein schmaler ebener Ring angeschliffen. Mittels des letzteren ward es möglich, das Praeparat luftdicht auf die entsprechend ebenen Ränder des Diffusiometerrohres aufzukitten.

Später gelang es dem Mechaniker des hiesigen physikalischen Institutes mit Hülfe eines eigens zu dem Zwecke hergestellten Instrumentes, die Stücke direct aus den Wirbeln der Eischale auf der Drehbank herauszufräsen. Damit fiel die Nothwendigkeit eines Wachsüberzuges, die nachherige Behandlung mit Salzsäure und die möglicherweise durch beides bedingte Veränderung der Porosität des Materiales hinweg. Auch diesen Praeparaten wurde auf ihrer concaven Seite je ein ebener ringförmiger Rand angeschliffen. Zu den Versuchen, deren Resultate unten mitgetheilt werden sollen, dienten nur die auf die letztere Art dargestellten Praeparate und zwar ebenso wohl solche von Gänse- wie von Hühnereiern. Ferner gelang es, aus Gänseeischalen auch einige solche Praeparate anzufertigen, an welchen die zarte Innenhaut noch unversehrt haftete.

Das Aufkitten geschah zunächst mittels einer ätherischen Auflösung von Damarlack, mit welchen die ebenen Ränder des Glasrohres in dünner

Digitized by Google

Lage bestrichen waren. Um aber die Dichtung vollständig sicher zu machen, wurde der Rand noch mit einem ringförmigen Wulst eines aus weissem Wachs und Colophonium bereiteten Kittes umgossen, derart, dass der Wulst sowohl auf die Wand des Glasrohres wie auf die Eischale, etwa 1·5 mm breit, übergriff. Der Kitt hatte nach dem Erkalten eine solche Consistenz, dass er eben noch sichtbare Eindrücke vom Fingernagel aufnahm.[1]

Die Versuche selbst wurden so ausgeführt, dass man das jeweilige durch die Kappe *B* strömende Gas nach einander unter verschiedenen Drücken durch die Eischale in das Rohr *A* diffundiren liess, in welchem sich schon Gas von der gleichen Qualität, aber unter vermindertem Drucke befand. Die Druckdifferenz war leicht dadurch herbeizuführen, dass durch Saugen bei *b* eine Quecksilbersäule in *A* emporgehoben ward, deren Höhe durch die von Bunsen angegebene Vorrichtung[2] bis fast auf 0·1 mm genau constant erhalten werden konnte.

Sämmtliche Beobachtungen geschahen zum Zwecke der Einhaltung gleicher Temperatur im ungeheizten Zimmer. Die Zeit wurde mit Hülfe eines sogenannten Chronographe compteur gemessen.

Als Versuchsgase wurden Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure angewandt; nur in einem Falle wurde um des Vergleiches willen auch Wasserstoffgas herangezogen. Betreffs ihrer Darstellung sei auf die früheren Mittheilungen[3] verwiesen. —

Heisse nun der auf 0° reducirte Barometerstand *P*, die ebenfalls auf 0° reducirte Höhe der inneren Quecksilbersäule *p*, die Beobachtungszeit in Sekunden *t* und das während derselben in die calibrirte Röhre eingetretene beobachtete Gasvolumen *v*, so ist die Einströmungsgeschwindigkeit *C*, ausgedrückt durch das in der Zeiteinheit eingeströmte und auf den Druck 1 reducirte Gasvolumen:

$$C = \frac{(P-p)v}{t}$$

Hiernach wird die Zusammenstellung der Versuchsresultate, wie sie sich in den folgenden Tabellen findet, ohne Weiteres verständlich sein.

---

[1] Dieser Kitt hat sich in der Folge vollkommen bewährt. Die dünnste Schicht davon, über eine vorher sehr durchlässige Schaale gezogen, hob jegliche weitere Gasdiffusion ein für alle Male und sofort auf.

[2] *Gasometrische Methoden.* 2. Aufl. 1877. S. 269–274.

[3] Wiedemann's *Annalen.* Bd. XVI. S. 258 u. 259. — *Ibidem,* Bd. XXXIV. S. 3. — Das letzte Citat ist nur für die Bereitung des Stickstoffs maassgebend.

Digitized by Google

Tabelle I.

Die Schale ist einem Gänseei entnommen, die zarte Innenhaut davon abpraeparirt. Die Gase sind vor dem Durchleiten durch die Kappe des Apparates mit Schwefelsäure getrocknet.

Sauerstoff			Stickstoff			Kohlensäure		
	I	II		I	II		I	II
Temp.	12·7°	12·7°	Temp.	12·7°	12·7°	Temp.	12·7°	12·7°
P	0·7234	0·7234	P	0·7234	0·7234	P	0·7234	0·7234
p	0·0449	0·0299	p	0·0449	0·0299	p	0·0449	0·0299
t	49·5	75·0	t	44·0	67·0	t	41·2	61·0
v	20·0	20·0	v	20·0	20·0	v	20·0	20·0
C	0·2741	0·1849	C	0·3084	0·2070	C	0·3294	0·2277
$\frac{C}{p}$	6·105	6·177	$\frac{C}{p}$	6·868	6·916	$\frac{C}{p}$	7·607	7·836

Tabelle II.

Schale vom Hühnerei; zarte Innenhaut abpraeparirt. Gase mit Schwefelsäure getrocknet.

Sauerstoff			Stickstoff			Kohlensäure		
	I	II		I	II		I	II
Temp.	9·4°	9·4°	Temp.	9·4°	9·4°	Temp.	9·4°	9·4°
P	0·7253	0·7253	P	0·7253	0·7253	P	0·7253	0·7253
p	0·0449	0·0299	p	0·0449	0·0299	p	0·0449	0·0299
t	171·5	264·2	t	150·5	230·5	t	138·8	210
v	20·0	20·0	v	20·0	20·0	v	20·0	20·0
C	0·07934	0·05264	C	0·09041	0·06033	C	0·09804	0·06622
$\frac{C}{p}$	1·765	1·757	$\frac{C}{p}$	2·012	2·014	$\frac{C}{p}$	2·182	2·211

Aus den in den vorstehenden Tabellen zusammengestellten Resultaten ist dreierlei ersichtlich:

1. Dass die kalkige Schale ebenso des Gänse- wie des Hühnereies gerade dem Durchgange des Sauerstoffs den grössten, dem der Kohlensäure den geringsten Widerstand entgegensetzt.

Digitized by Google

2. Dass die Hühnereischale weniger durchlässig für die drei Gase ist als die Gänseeischale.[1]

3. Dass die Diffusionsgeschwindigkeit aller drei Gase innerhalb der von mir angewandten Druckdifferenzen dem Drucke proportional zunimmt. Man vergleiche in dieser Beziehung die je auf ein Gas bezüglichen Werthe des Quotienten $\frac{C}{p}$.

Sind diese drei Thatsachen an sich auch interessant genug, so lassen sie sich doch für die Lehre von der Athmung des Eies nicht ohne Weiteres verwerthen, da die kalkige Schale des normalen Eies auf ihrer Innenfläche eben noch mit jenem äusserst dünnen Häutchen ausgekleidet ist, das von den bisher benutzten Stücken sorgfältig abpräparirt war.

Es mussten die Diffusionsversuche daher an einem solchen Präparate wiederholt werden, an welchem das dünne Häutchen unverletzt erhalten geblieben.

Es ist bereits oben[2] angeführt worden, dass die Herstellung solcher Präparate in einigen Fällen vollkommen gelungen war, besonders bei Schalen von Gänseeiern. Da nun aber das dünne Häutchen, wie man sich leicht überzeugen kann, an der freien Luft infolge Austrocknens rasch spröd und brüchig wird und sich in solchem Zustande diffundirenden Gasen gegenüber möglicherweise anders verhält als im geschlossenen Ei, wo es immer mit Wasserdampf in Berührung ist, so musste bei den neuen Diffusionsversuchen der Innenraum des Diffusionsrohres stets mit Wasserdampf gesättigt erhalten werden.

Zu diesem Zwecke waren einige Wassertröpfchen unterhalb der aufgekitteten Eischale an die Innenwand der Röhre gespritzt und wurden ferner die durch die Kappe strömenden Gase vorher nicht durch mit Schwefelsäure, sondern durch mit Wasser gefüllte Waschflaschen geleitet.

Folgende Tabelle enthält die Beobachtungsdaten, die bei den in solcher Weise angestellten Versuchen mit einer Gänseeischale, deren innere Auskleidung mit dem zarten Häutchen noch vollkommen erhalten war, gewonnen sind.

---

[1] Der sehr bedeutende Unterschied kann durchaus nicht etwa von der niederen Versuchstemperatur in Tabelle II hergeleitet werden, da ich ihn gelegentlich auch bei höherer Temperatur beobachtet habe. — Fast möchte man meinen, dass durch die grössere Durchlässigkeit der Gänseei- im Vergleiche zu derjenigen der Hühnereischale der Nachtheil ausgeglichen werden solle, der durch die im Verhältnisse zum Inhalte geringere Oberfläche beim Gänseei bedingt ist. Ob sich aber diese Vermuthung auch bei anderen Eiern von ähnlicher Grösse bestätigt?

[2] S. 470.

Digitized by Google

Tabelle III.

Bei der Berechnung des Druckes, unter welchem das Gas im Diffusionsrohre stand, ist die Tension des Wasserdampfes in Abzug gebracht worden.

Sauerstoff			Stickstoff		
	I	II		I	II
Temp.	11·9°	11·9°	Temp.	11·9°	11·9°
P	0·7311	0·7311	P	0·7311	0·7311
p	0·0449	0·0299	p	0·0449	0·0299
t	170·3	270·0	t	157·25	238·5
v	10·0	10·0	v	10·0	10·0
C	0·03967	0·02558	C	0·04297	0·02896
$\frac{C}{p}$	0·883	0·887	$\frac{C}{p}$	0·967	0·957

Kohlensäure			Wasserstoff		
	I	II		I	II
Temp.	11·9°	11·9°	Temp.	11·9°	11·9°
P	0·7311	0·7311	P	0·7311	0·7311
p	0·0449	0·0299	p	0·0449	0·0299
t	137·6	206·8	t	69·0	106·0
v	10·0	10·0	v	10·0	10·0
C	0·04912	0·03340	C	0·09794	0·06517
$\frac{C}{p}$	1·093	1·115	$\frac{C}{p}$	2·180	2·177

Wie man sieht, diffundirt auch in diesen Versuchen die Kohlensäure schneller als der Stickstoff, und der Stickstoff wiederum schneller als der Sauerstoff, am schnellsten freilich wie immer der Wasserstoff: allein ein Vergleich der in Tabelle III. aufgeführten, für je ein bestimmtes Gas und einen bestimmten Druck gültigen, Werthe von C mit den entsprechenden Werthen aus Tabelle I. lässt sofort erkennen, von wie bedeutendem Einflusse auf die Diffusionsgeschwindigkeit der einzelnen Gase die Auskleidung der kalkigen Schale mit dem dünnen Häutchen ist. Die Diffusionsgeschwindigkeit jedes einzelnen der drei Gase, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, ist, trotzdem die Versuchstemperaturen in den Versuchen der 1. und der 3. Tabelle (12,7° und 11,9°) sehr nahe bei einander liegen, in denen der 3. Tabelle doch durchschnittlich bis auf $^1/_7$ vermindert worden.

Für die Erklärung der von Bischof und Dulk über den hohen Sauerstoffgehalt der Eiluft gemachten Angaben bieten diese Diffusionsversuche

Digitized by Google

jedenfalls keine Handhabe; sie stehen damit vielmehr im Widerspruch, insofern man bei der grösseren Diffusionsgeschwindigkeit des Stickstoffs eher ein sauerstoffärmeres Gasgemisch erwarten möchte. Eine solche Erwartung wäre indessen nur für die Dauer des Diffusionsvorganges selber berechtigt, nicht für die Zeit nach vollendetem Ablaufe desselben. Eine einfache Betrachtung kann dies lehren.

Zunächst ist klar, dass, wenn ein Gasgemisch, dessen einzelne Componenten bei gleichem Drucke und gleicher Temperatur ungleich schnell diffundiren, allmählich durch ein Diaphragma in einen geschlossenen Raum hinüberdringt, die Zusammensetzung des in dem letzteren sich ansammelnden Gemisches allerdings so lange von derjenigen des ursprünglichen Gemisches abweichen muss, als der Gesammtgasdruck auf beiden Seiten des Diaphragma's noch nicht der gleiche geworden. Es wird z. B., wenn atmosphaerische Luft durch die Eischale hindurch in einen leeren Raum eindringt, das im letzteren sich bildende Gemisch so lange sauerstoffärmer sein müssen, denn die äussere Luft, als überhaupt noch ein Diffusionsstrom in der Richtung von aussen nach innen stattfindet. In Folge der, wie oben bewiesen, grösseren Diffusionsgeschwindigkeit des Stickstoffs muss der Stickstoffgehalt des inneren Gemenges denjenigen der äusseren Luft im Anfange allerdings übertreffen; allein dafür wird auch die Differenz zwichen den auf beiden Seiten der Schale herrschenden Partiardrücken des Stickstoffs früher ausgeglichen, damit die Ursache des Stickstoffstromes früher aufgehoben, dem weiteren Zuflusse dieses Gases schon früher eine Grenze gesetzt sein; während dagegen das Zuströmen des Sauerstoffs noch einige Zeit weiter dauert.

Die Ausgleichung des wirksamen Druckunterschiedes für den langsamer diffundirenden Sauerstoff kommt erst später zu Stande; aber sie kommt doch überhaupt zu Stande —, vorausgesetzt natürlich, dass nicht Sauerstoff auf der Seite des geringeren Druckes unterdess anderweitig verbraucht wird (eine Voraussetzung, die freilich auch für den Stickstoff nöthig ist) —; und dann muss schliesslich auch die Zusammensetzung des im Inneren befindlichen Gases genau wieder die gleiche wie die des äusseren werden.

Physikalisches. Der Physiker muss überrascht sein zu sehen, dass die Geschwindigkeiten, mit welchen die verschiedenen Gase durch die doch immerhin sehr dünne kalkige Eischale hindurchdringen, durchaus nicht der von Graham aufgestellten und von mir selbst früher[1] durch Versuche an Hydrophanplatten annähernd als richtig bewiesenen Regel folgen, wonach

[1] Wiedemann's *Annalen*. Bd. XVI. S. 260. — Vergleiche auch K. Waitz, Diffusion der Gase durch feste Körper, in Winkelmann's *Handbuch der Physik*. Bd. I. S. 650–657.

Digitized by Google

die Diffusionsgeschwindigkeiten (oder nach Graham bezeichnender: „Effusions"-geschwindigkeiten) sich umgekehrt verhalten sollen, wie die Quadratwurzeln aus den specifischen Gewichten der einzelnen Gase.

Vergleichen wir nämlich die auf gleiche Druckdifferenz (z. B. 0,0449 m) bezüglichen Werthe von C in der ersten Tabelle mit einander und lassen um grösserer Deutlichkeit willen das Zeichen C_o den für Sauerstoff, C_n den für Stickstoff und C_k den für Kohlensäure gefundenen Werth bedeuten, so ergiebt sich:

$$\frac{C_o}{C_k} = \frac{0{\cdot}2741}{0{\cdot}3294} = 0{\cdot}822 \text{ statt } 1{\cdot}172 = \frac{\sqrt{1{\cdot}5202}}{\sqrt{1{\cdot}1056}};$$

$$\frac{C_n}{C_o} = \frac{0{\cdot}3084}{0{\cdot}2741} = 1{\cdot}122 \text{ statt } 1{\cdot}067 = \frac{\sqrt{1{\cdot}1056}}{\sqrt{0{\cdot}9713}};$$

$$\frac{C_n}{C_k} = \frac{0{\cdot}3084}{0{\cdot}3294} = 0{\cdot}936 \text{ statt } 1.251 = \frac{\sqrt{1{\cdot}5202}}{\sqrt{0{\cdot}9713}}.$$

Die oben angeführten Zahlen beziehen sich auf die Schale des Gänseeies. Nicht anders steht es bei der erheblich dünneren, dafür aber minder porösen, Kalkschale des Hühnereies. Hier hat man:

$$\frac{C_o}{C_k} = \frac{0{\cdot}07934}{0{\cdot}09804} = 0{\cdot}809 \text{ statt } 1{\cdot}172;$$

$$\frac{C_n}{C_o} = \frac{0{\cdot}09041}{0{\cdot}07934} = 1{\cdot}395 \text{ statt } 1{\cdot}067;$$

$$\frac{C_n}{C_k} = \frac{0{\cdot}09041}{0{\cdot}09804} = 0{\cdot}922 \text{ statt } 1{\cdot}251.$$

Das Verhältniss zwischen der Diffusionsgeschwindigkeit C_k des Wasserstoffs zu derjenigen, C_o, des Sauerstoffs in den Versuchen der 3. Tabelle aber, wo wir die Kalkschale sammt anliegendem Häutchen hatten, ist gar nur

$$\frac{C_k}{C_o} = \frac{0{\cdot}09794}{0{\cdot}03967} = 2{\cdot}469 \text{ statt } 3{\cdot}995 = \frac{\sqrt{1{\cdot}1056}}{\sqrt{0{\cdot}0692}},$$

also noch ungünstiger, als in Bunsen's Versuchen mit dem Gypspfropfe (2·73).

Ueber die thatsächliche Zusammensetzung der im unbebrüteten Ei enthaltenen Gase.

Um mir endlich direct Klarheit über den Werth und die Richtigkeit von Bischof's und Dulk's auffallenden Angaben zu verschaffen, sammelte ich nunmehr die geringen Luftmengen, die in zwölf Stück nur wenige Wochen alter Hühnereier enthalten waren. Die Eier wurden zu diesem Zwecke rasch nach einander unter ausgekochtem Wasser angestochen und die austretenden Gasbläschen zunächst in einem mit Hahn versehenen Glasrohre aufgefangen, aus welchem ihre Gesammtmenge dann ohne Weiteres in ein

Digitized by Google

mit Quecksilber gefülltes Absorptionsrohr übergeführt wurde. Die aus den zwölf Eiern gewonnene Gasmenge betrug 9 ccm.

Ihre Zusammensetzung war die folgende:

Sauerstoff . .	18·94	Vol. %
Stickstoff . .	79·97	„
Kohlensäure .	1·09	„

Hiernach widerspricht die gefundene Zusammensetzung durchaus nicht den Resultaten der Diffusionsversuche und die älteren Angaben mögen daher wohl auf Fehlern der Analyse beruhen.

Weiter untersuchte ich die Luft von zwei Gänseeiern, die Hr. Prof. Froriep die Güte gehabt hatte 16 Tage lang im Brutofen bei einer Temperatur von ungefähr 40° zu erhalten.

Das eine Ei lieferte etwas über 7 ccm, das andere etwa 9 ccm Gas, beide Mengen gemessen bei 0° und 760 mm Druck.

Das erste Gas bestand aus:

Sauerstoff . .	19·58	Vol. %
Stickstoff . .	79·55	„
Kohlensäure .	0·87	„

Das andere aus:

Sauerstoff . .	19·85	Vol. %
Stickstoff . .	78·62	„
Kohlensäure .	1·53	„

Die Eier waren offenbar unbefruchtet gewesen, denn ein Embryo hatte sich nicht entwickelt; auch spricht die geringe Menge der gebildeten Kohlensäure durchaus nicht für den Athemprocess eines lebendigen Wesens.[1] Aber ebenso wenig zeigt sich ein abnorm hoher Sauerstoffgehalt oder lässt sich aus der jetzigen Zusammensetzung des Gemisches darauf schliessen dass ein solcher früher, vor dem Brütversuche, vorhanden gewesen.

Physiologische Verwerthung der bei den Diffusionsversuchen gefundenen Zahlen.

Die namentlich in der dritten Tabelle mitgetheilten Werthe für die Diffusionsgeschwindigkeiten der drei Gase, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure, gewonnen an der noch mit dem Innenhäutchen versehenen Kalkschale des Gänseeies, gestatten eine numerische Berechnung von Grössen, die nicht ohne physiologische Bedeutung sind.

---

[1] Freilich konnte auch der grösste Theil der Kohlensäure bereits nach aussen diffundirt sein!

Digitized by Google

Man kann nämlich die Fragen aufwerfen:

1. Wie gross ist im Maximum die Sauerstoffmenge, die durch die ganze Oberfläche des Gänseeies — die Durchlässigkeit derselben für je ein Gas allenthalben als gleich gross angenommen — unter dem normalen Partiardrucke des atmosphaerischen Sauerstoffs in einer Secunde diffundiren kann?

2. Wie gross ist die Kohlensäuremenge, die unter dem in der Ausathmungsluft herrschenden Durchschnittsdrucke dieses Gases — derselbe etwas niedrig, aber übereinstimmend mit einem der Versuchsdrücke p, $= 0{\cdot}0299$ m angenommen — in der gleichen Zeit durch die Gesammtoberfläche des Gänseeies nach aussen entweichen kann?

Die Beantwortung der ersten Frage ergiebt sich aus Folgendem:

Die in der Zeiteinheit (1 Secunde) unter dem Drucke von $44{\cdot}9$ mm und bei der Temperatur von $11{\cdot}9^0$ diffundirende Sauerstoffmenge war laut Tabelle III $= 0.03967$ Theilstrichen, gemessen bei der gleichen Temperatur von $11{\cdot}9^0$, aber reducirt auf 1 m Druck. Das giebt, umgerechnet auf 0^0 und 760 mm Druck, $0{\cdot}05002$ Theilstriche. Die Gas durchlassende Oberfläche der auf das Diffusionsrohr aufgekitteten Kugelmütze betrug $0{\cdot}8$ qcm, und ein Theilstrich des Diffusionsrohres $0{\cdot}06017$ ccm. — Die Längsaxe eines Gänseeies misst etwa $8{\cdot}4$, die Queraxe $6{\cdot}0$ cm: mithin beträgt seine Gesammtoberfläche — das Ei mit einiger Freiheit als regelmässiges Rotationsellipsoid betrachtet — $158{\cdot}8$ qcm.

Nimmt man nun an, die Diffusionsgeschwindigkeit des Sauerstoffs wachse auch ausserhalb des von mir angewandten Druckintervalles[1] durchaus dem Drucke proportional, so ergiebt sich die auf 0^0 und 760 mm Druck reducirte Gesammtmenge Q des in der Zeiteinheit unter dem Partiardrucke von 159 mm durch die äussere Wand. in's Innere diffundirenden Sauerstoffs:

$$Q = \frac{159 \,.\, 158{\cdot}8 \,.\, 0{\cdot}05002 \,.\, 0{\cdot}06017}{44{\cdot}9 \,.\, 0{\cdot}8} = 2{\cdot}115 \text{ ccm}.$$

In ähnlicher Weise ergiebt sich die Antwort auf die zweite Frage.

Die unter dem Drucke von $29{\cdot}9$ mm und bei der Temperatur $11{\cdot}9^0$ in der Zeiteinheit diffundirende Kohlensäuremenge betrug nach Tabelle III $0{\cdot}03338$ Theilstriche, gemessen bei der gleichen Temperatur und 1 m Druck, was gleich ist $0{\cdot}04211$ Theilstrichen, gemessen bei 0^0 und 760 mm Druck.

Danach wird die unter dem Drucke von $29{\cdot}94$ mm durch die Gesammtoberfläche des Eies in der Zeiteinheit austretende Kohlensäuremenge:

$$Q = \frac{158{\cdot}8 \,.\, 0{\cdot}04211 \,.\, 0{\cdot}06017}{0{\cdot}8} = 0{\cdot}503 \text{ ccm}$$

[1] Durch Versuche von G. Hansemann (Wiedemann's *Annalen*. Bd. XXI. S. 545—562) am Gyps, wurde das Proportionalitätsgesetz für Druckdifferenzen von 564 bis zu 15 mm als vollkommen gültig erwiesen.

Digitized by Google

Beide Werthe gelten nur unter der Bedingung, dass das Ei meine obige Versuchstemperatur von 11·9° habe. Die Zahlen würden aber jedenfalls bedeutend grösser ausfallen, wenn sich das Ei bei Bruttemperatur befände, da, wie mich einige vorläufige Versuche lehren, die Diffusionsgeschwindigkeit mit wachsender Temperatur nicht unbeträchtlich ansteigt.

Nach Baumgärtner[1] nimmt ein bebrütetes Hühnerei am 20. Tage der Bebrütung 0·4435 g Sauerstoff auf und giebt dafür 0·56 g Kohlensäure ab. In Volumen ausgedrückt bedeutet das eine Aufnahme von 310 ccm Sauerstoff und eine Abgabe von 285 ccm Kohlensäure während des ganzen Tages. Wäre der Athmungsprocess des bebrüteten Gänseeies selbst zehnfach intensiver,[2] als derjenige des bebrüteten Hühnereies, betrüge also die vom bebrüteten Gänseei an einem Tage aufgenommene Sauerstoffmenge 3100 ccm und die von ihm an einem Tage abgegebene Kohlensäuremenge 2850 ccm, so ständen diese Volumina doch noch erstaunlich weit hinter denjenigen zurück, welche nach dem soeben Mitgetheilten an einem Tage durch blosse Diffusion durch die Oberfläche des Gänseeies befördert werden könnten. Denn multiplicirt man den nur auf eine Secunde bezüglichen Werth 2·115 mit dem Producte von 60.60.24, so erhält man die gewaltige Summe von 182736 ccm als Tagesquantum des beförderten Sauerstoffs, und als solches für die Kohlensäure das Product aus 60.60.24.0·503, also die Summe von 43459·2 ccm.

Tübingen, im April 1892.

---

[1] J. Baumgärtner, *Der Athmungsprocess im Ei.* Freiburg i. Br 1861. S. 118.

[2] Die Oberfläche des Gänseeies ist etwa nur viermal grösser als diejenige des Hühnereies.

Digitized by Google

Von einigen Folgen übergrosser Blutfülle.

Von

H. Chr. Geelmuyden.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Höchstwahrscheinlich lassen sich neue und werthvolle Einsichten in die Leistungen und Schicksale der Bestandtheile des Blutes, namentlich seiner Körperchen, durch die Beobachtung von Thieren gewinnen, deren Blutmenge künstlich gesteigert wurde. Nun lässt sich der Gehalt eines Thieres an gesundem Blut, z. B. eines Hundes, leicht dadurch mehren, dass man in die Vena jugularis desselben das Blut aus der Carotis eines anderen Hundes überströmen lässt. Je nach dem Verhältniss der Gewichte beider Thiere ist es möglich, die Blutmenge des Empfangenden zu verdoppeln; nachdem dieses geschah lässt sich gewahren, dass die Fresslust, die Verdauung und die Munterkeit des von Blut strotzenden Hundes ungestört bleiben.

Nach der vollendeten Umschaltung wirft sich sogleich die Frage auf, wie lange wird dem Thiere das überschüssig zugeführte Blut zu eigen bleiben? Weil voraussichtlich die Körperchen nach ihrer künstlichen Vermehrung zwar reichlicher zerfallen, aber nicht rascher als vordem entstehen, so lässt sich die allmählige Rückkehr der Körperchenmenge zu dem normalen Stand erwarten und wenn diese Vermuthung des weiteren dahin zutrifft, dass der Ueberschuss über die Normalzahl rasch verschwindet, so böte sich möglicher Weise Gelegenheit, über die bis dahin unbekannte Art des Verschwindens der Blutscheiben näheres zu erfahren.

Um ebensoviel, wie im Blute der Gehalt an Haemoglobin wächst, nimmt voraussichtlich auch der des Sauerstoffs zu. Was also dem grössten Sauerstoffreichthum der Atmosphaere versagt ist, wird sich durch die Zufuhr von Blut erreichen lassen, und an der Hand der Erfahrung muss es sich dann zeigen, ob der Sättigungsgrad des Körpers mit Sauerstoff bedeutungsvoll oder gleichgültig für die Lebhaftigkeit des Stoffwechsels sei.

Digitized by Google

Verschiedene Wege eröffnen sich der Untersuchung. Nachdem ich mich auf Anregung des Herrn Professor C. Ludwig entschlossen hatte, sie aufzunehmen, schien mir vor Allem nothwendig darüber ins Klare zu kommen, wie lange das mit überschüssigem Blut ausgestattete Thier in dem neuen Zustande verharre, wann und ob der Inhalt seiner Gefässe wieder auf die vor der Zufuhr an Blut behaupteten Füllung zurückkehre.

Geradeaus lässt sich der Aufgabe nicht beikommen, denn die veränderliche Blutmenge eines Thieres bleibt unbestimmbar, statt dessen wird man zu prüfen haben, wie sich im Laufe der Zeit die Verhältnisse der einzelnen Bestandtheile zu einander, namentlich die der Körperchen zu allen übrigen gestalten. Von diesem Standpunkt aus entwarf ich für die Untersuchung den folgenden Plan.

Der Hund, welcher das Blut empfangen sollte, lag auf dem Teller einer guten Tafelwaage; nachdem die Verbindung zwischen seiner Vene und der Arterie des anderen Hundes soweit hergestellt war, dass es nur des Einsteckens einer Canüle bedurfte um den Strom einzuleiten, wurde der Hund ausgewogen und dann sogleich soviel an Gewicht auf die Schale gelegt, als Blut übergeführt werden sollte. Durch möglichste Beschleunigung des Einströmens von Blut wurde alsbald das Gleichgewicht wieder herbeigebracht, so dass sich bis auf wenige Gramme genau das Gewicht des umgeschalteten Blutes angeben liess.

Bevor dem Hunde das Blut zugeführt wurde, war er schon eine grössere oder geringere Zahl von Tagen hindurch gleichmässig gefüttert und gewogen worden und öfter auch die von ihm mit dem Harn entleerte tägliche Stickstoffmenge ermittelt. Erst dann, wenn sein Körpergewicht und der von ihm ausgeschiedene Stickstoff annähernd gleich blieben, wurde er mit Blut überfüllt, nachher aber genau wie früher täglich zu derselben Stunde gefüttert und gewogen. — Der Harn wurde entweder täglich zu derselben Zeit mit dem Katheter unter Ausspülen der Blase entleert oder dadurch gesammelt, dass der Hund in einem Käfig verweilte, an dessen engmaschig durchbrochenen Boden sich ein grosser glasirter Thontrichter anschloss.

Alle Bestimmungen des Stickstoffs wurden nach Kjeldahl ausgeführt.

Zu verschiedenen Zeiten musste dem Hunde Blut entzogen werden, bevor oder nachdem er mit Blute des anderen Thieres gespeisst war, um fortschreitend das Verhalten desselben zu prüfen. Stets wurde nur die durchaus nöthige Menge unter sorgfältigster Vermeidung jeden Verlustes aufgefangen; auch die Zahl der Aderlässe, die in der Regel aus einer Arterie erfolgten, wurde nach Thunlichkeit beschränkt. In den Tabellen über die Daten des Versuches findet sich die Angabe, wann und wieviel Blut entnommen wurde.

An den aufgefangenen Blutarten wurde bestimmt: das Gewicht der

Digitized by Google

Stromata aus den Körperchen nach den Angaben von Wooldridge[1], für sich allein oder in Verbindung mit der Färbekraft, die durch den Spectrocolorimeter von Vierordt-Krüss ermittelt wurde. Im letzteren Falle durfte ich mich auf die Festlegung der Verhältnisse beschränken, in welchen die Färbekräfte der verschiedenen demselben Hunde entnommenen Blutproben zu einander standen. Ausser und neben der Färbekraft wurde anderemale auch der N-Gehalt des Blutes nach Kjeldahl bestimmt. Wünschenswerth wären noch Volum-Bestimmungen der Körperchen und des Plasmas nach der Methode von M. u. L. Bleibtreu[2] gewesen. Abgesehen davon, dass das Verfahren zu spät veröffentlicht wurde um noch von mir benutzt zu werden, war meine Zeit auch schon durch die anderen Bestimmungen vollkommen ausgefüllt. Jedesmal habe ich die vorgenommenen Messungen doppelt ausgeführt. In der Regel brachten die beiden Bestimmungen nur geringe Unterschiede der Zahlen. Wo dieses eintraf, habe ich mich in den nachstehenden Tabellen meist nur einer Zahl, der mittleren bedient, andernfalls aber die beiden von einander abweichenden Werthe hingeschrieben.

Versuch I.

Datum	Kilogr. Körpergew.	ccm Blut entleert	Gr. Stromasubstanz in 100 ccm Blut		Bemerkung
				Mittel	
27. VI. 91	15·75				
29. VI. 91	15·60 vor der Transfusion	37·3	0·91 0·90	0·91	500 grm Blut transfundirt (3·2 Proc. des Körpergewichtes)
		38·2	0·92 1·04	0·99	
30. VI. 91		31·1	1·30 1·13	1·22	
1. VII. 91		35·5	1·34 1·33	1·34	
2. VII. 91		38·6	1·08 1·03	1·06	
3. VII. 91	16·00	29·3	1·17	1·12	
	Summe	210·0	1·06		

Die zur Analyse entleerten Blutproben wurden theils aus der Art. carotis, theils aus der Art. femoralis genommen. Sie wurden in gesättigter Magnesialösung aufgefangen. Der Hund wurde durch Verblutung getödtet, wobei 773 grm Blut entleert wurden. Bei der Section wurden ausserdem

[1] *Dies Archiv.* 1881.
[2] Pflüger's *Archiv.* Bd. 51.

Digitized by Google

noch 147 grm Blut aus den Gefässen der Unterleibshöhle genommen, zusammen also 920 grm.

Während des ganzen Versuches bekam der Hund täglich 300 grm Pferdefleisch und 300 grm Stärke in Wasser gekocht.

Aus den Bestimmungen der Stromasubstanz geht es hervor, dass das Blut innerhalb der ersten Tage nach der Transfusion reicher daran geworden ist. Der Gehalt ist am grössten am zweiten Tage und nimmt in den zwei folgenden Tagen wieder ab. Am vierten Tage nach der Transfusion ist der Stromagehalt des Blutes noch nicht zum Zustand vor derselben zurückgekehrt.

Nach dem Tödten des Thieres wurden verschiedene Organe der mikroskopischen Untersuchung unterworfen. Hierbei wurde in keinem der untersuchten Organe (Milz, Knochenmark, Lymphdrüsen, Leber) Befunde angetroffen, die auf einen Zerfall rother Blutkörperchen hindeuteten. Die im Knochenmark und in der Milz sonst häufig gefundenen blutkörperchenhaltigen und pigmenthaltigen Zellen wurden nicht beobachtet. Auch die Leberzellen enthielten keine Pigmentkörner. Dagegen wurden im Knochenmark viele kernhaltige rothe Blutkörperchen gefunden, Gebilde, die gewöhnlich als Zeichen einer Neubildung rother Blutkörperchen aufgefasst werden.

Versuch II.

Körpergewicht 20·4 kgr. Transfundirt 950 grm Blut. Im Verlauf des Versuchs entnommen 258 ccm.

	Stroma in 100 ccm Blut	Tägliche N. im Harn	ccm Blut entnommen	Empfangen
Vor Transfusion	0·74	16·47[1]	27·0	In 950 ccm Blut = 31·79 grm N.
Unmittelb. nach „	0·76		46·0	
1 Tag später		26·37	90·0	verloren durch Nachblutung im Käfig durch 258 cc Blut = 8·65 grm N.
2 „ „	1·24	21·83	31·1	
3 „ „		20·03		
4 „ „	1·54	14·93	31·5	Im Ganzen gewonnen durch Blut 23·14 grm N.
5 „ „		19·19		
6 „ „	1·44	18·89	32·0	

Bei der Verblutung des Thieres wurden noch 1043 grm Blut entleert.

Das tägliche Futter bestand aus 500 grm Pferdefleisch und 100 grm Schweinefett.

Die Blutproben, die immer aus grösseren Arterien (carotis oder femoralis) entleert wurden, wurden in halb gesättigter Lösung von schwefelsaurer Magnesia aufgefangen.

Die transfundirte Blutmenge beträgt circa $950 - (27 + 90) = 833$ grm, weil die Cubikcentimeter als Gramm gerechnet, und die Blutprobe vor der Transfusion ebenso wie die im Käfig verlorene Menge von der zugeführten abgezogen werden müssen. Das Transfusionsblut macht also circa 4·06% des Körpergewichts aus, während im vorigen Versuch nur 3·2% des Körpergewichts übergeleitet wurde. Darin ist vielleicht die Ursache zu

[1] Mittel aus den letzten vier Tagen vor der Transfusion.

Digitized by Google

suchen, weshalb der Gehalt des Blutes an Stroma im vorliegenden Versuche viel stärker zunimmt als im vorigen.

Am ersten Tage nach der Transfusion giebt die Stromabestimmung schon einen bedeutenden Zuwachs und am sechsten ist noch fast doppelt soviel davon wie vor der Blutzufuhr vorhanden.

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Organe nach dem Tode wurden im Knochenmark einige grosse runde Markzellen gefunden, die scharf contourirte, glänzende, grössere und kleinere Körnchen enthielten. Diese Körnchen könnten nun ebensogut aus Fett bestehen als Ueberreste von rothen Blutkörperchen sein. Zellen, die rothe Blutkörperchen enthielten oder Pigment, das dem Anschein nach aus zerfallenen Blutkörperchen stammte, gleich dem wie es sich bei gewissen Krankheiten reichlich im Knochenmark findet, waren nicht zu entdecken. Die Leberzellen enthielten auch Körnchen, die den eben beschriebenen in den Markzellen enthaltenen ganz ähnlich waren. Diese färbten sich in einer Lösung von Osmiumsäure und chromsaurem Kali dunkelbraun. Sie lösten sich nicht beim Maceriren mit Speichel. Durch Salzsäure und Blutlaugensalz gelang es nicht, eine deutliche Eisenreaction hervorzurufen. Die Körnchen bestanden also wahrscheinlich aus Fett oder einem ihm nahestehenden Stoff. Ihr Verhalten gegen Reagentien deutet nicht darauf hin, dass sie Zerfallsproducte rother Blutkörperchen waren.

Auch in diesem Falle wurden in dem Knochenmark zahlreiche kernhaltige rothe Blutkörperchen gefunden, welche Thatsache neben der im Blute gefundenen grossen Menge Stromasubstanz sich ganz sonderbar ausnimmt.

Versuch III.

Genauere Menge des übergeschalteten Blutes unbekannt, doch keinesfalls weniger als 510 grm.

Transfusions-Datum	Körpergew. in Kilo	Stroma in 100 ccm Bl.	Farbstoff in 100 ccm Bl.	Tägliche N. im Harn	Verhältniss zwischen Stroma und Hämoglobin
Vor	12·66	1·215	10·00	7·15 [1]	0·125
Unmittelb. nach					
1 Tag	12·55			7·33	
2 „	12·25	1·595	14·04	8·37	0·114
3 „	12·33			8·81	
4 „	12·14	1·399	13·14	9·41	0·106
5 „	11·98			9·67	
6 „	11·86	1·709	13·64	9·64	0·125
7 „	11·72			10·23	
8 „	11·78			11·22	
9 „	11·61			9·88	0·127
10 „	11·58	1·571	12·33	8·41	
11 „	11·30			10·97	
12 „	11·23			8·74	
13 „	11·19			10·50	
25 „	10·57	1·299	11·46		0·113
43 „	10·09	1·067	12·05		0·089

[1] Mittel aus den letzten sechs Tagen vor der Transfusion.

Digitized by Google

Der Hund bekam als Futter täglich 250 grm Pferdefleisch.

Das zur Analyse entnommene Blut wurde in Lösung von oxalsaurem Ammoniak aufgefangen, zur Behinderung der Gerinnung. Die letzte Probe ist aus der Vena jugularis entleert, die übrigen aus grösseren Arterien.

Der Harn wurde täglich mit dem Katheter entleert und die Blase mit NaCL-Wasser ausgespült.

In diesem Versuche sind auch Haemoglobinbestimmungen unter Beihilfe des Spectrocolorimeters von Vierordt-Krüss ausgeführt. Nach den dabei erzielten Befunden ist der Haemoglobingehalt des Blutes in willkürlich gewählten Gewichtseinheiten angegeben, weil ich das Absorptionsvermögen des von mir benutzten Spectrophotometers nicht kannte. Die Einheit ist so gewählt, dass das Blut vor der Transfusion ihrer 10 in 100 ccm Blut enthielt. Die Zahlen stehen zu einander im richtigen, den stattfindenden Veränderungen im Haemoglobingehalt des Blutes entsprechenden Verhältnissen, und lassen sich demnach mit einander vergleichen. Sie lassen sich dagegen nicht mit den für den Haemoglobingehalt des Blutes im folgenden Versuche angegebenen Werthen vergleichen, da hier wieder eine andere Einheit gewählt ist. Wenn die gefundenen Zahlen mit einer (für jeden Versuch bestimmten aber unbekannten) Constanten multiplicirt werden, geben die Producte den Haemoglobingehalt des Blutes in Gramm an.

Im letzten Abschnitt dieser Abhandlung werde ich auf die Besprechung der Methode etwas näher eingehen.

Um zu untersuchen ob in den Blutkörperchen, die in den verschiedenen Blutproben enthalten sind, das Verhältniss zwischen Stroma und Haemoglobin immer dasselbe bleibt, braucht man nur die bei der Stromabestimmung für 100 ccm Blut gefundenen Zahlen mit dem Haemoglobingehalt des Blutes zu dividiren. Wenn die dabei gefundenen Zahlen, die in der letzten Columne sich befinden, sich immer gleich bleiben, so ist damit gegeben, dass dieses der Fall ist.

Gerade in dem vorliegenden Versuche sind nun die Stromabestimmungen nicht immer gut gelungen, so dass ich in der Beurtheilung ihrer Resultate vorsichtig sein muss und den gefundenen Zahlen keinen entscheidenden Werth beilegen darf, wenn sie nicht durch zwei übereinstimmende Parallelanalysen sicher gestellt sind. Indess ist im Grossen und Ganzen das Verhältniss zwischen Stroma und Haemoglobingehalt des Blutes in den ersten 25 Tagen nach der Transfusion keinen grossen Schwankungen unterlegen.

Bezüglich der am 43. Tage angeführten Zahlen ist zu bemerken, dass das Blut diesmal aus der Vena jugularis genommen wurde, während die früheren Blutproben immer aus der Arteria carotis oder femoralis entleert wurden. Es wird nämlich mehrfach [1] behauptet, dass das Venenblut reicher an Blutkörperchen als das arterielle ist, während anderwärts [2] ausgesprochen wird, dass dies nicht der Fall sei, sondern dass das Blut in allen grösseren Gefässstämmen denselben Körperchengehalt habe.

Es ist also zweifelhaft, ob die Zahlen ohne Weiteres mit den bei den Analysen der früheren Blutproben gefundenen verglichen werden dürfen.

---

[1] Otto, Pflüger's *Archiv.* Bd. 36.
[2] Cohnstein u. Zuntz, Pflüger's *Archiv.* Bd. 42.

Digitized by Google

Auffällig ist es, dass das Verhältniss zwischen Stroma- und Haemoglobingehalt des Blutes sich verändert zu haben scheint, indem die Blutkörperchen reicher an Haemoglobin geworden sind. In den 18 Tagen, die zwischen den zwei letzten Blutanalysen liegen, können sich indessen auch Veränderungen vollzogen haben, die nicht Folgen der Transfusion waren. Es wäre ja z. B. denkbar, dass das Blut nach so langer Zeit theilweise oder vollständig erneuert und die alten Blutkörperchen zu Grunde gegangen wären.

Sowohl aus den Stroma- als aus den Haemoglobinbestimmungen geht es indessen mit Bestimmtheit hervor, dass das Blut binnen der 3 bis 7 ersten Tage nach der Transfusion reicher an Stromasubstanz und Haemoglobin geworden ist, und dass der Gehalt daran nachher abnimmt, so dass es am 25. Tage nach der Transfusion noch nicht ganz zum Zustand vor der Transfusion zurückgekehrt ist.

Versuch IV.

In dem folgenden Versuche, zu welchem eine Hündin von 14·0 ^{kgr} Gewicht diente, wurde statt der Stromata der procentige N-Gehalt des Blutes bestimmt.

Datum	Blut entleert in ^{ccm}	N. in 100 ^{ccm} Blut	Haemoglobin in 100 ^{ccm} Blut	Bemerkung
17. II. 92	27·1	3·05 / 3·00 } 3·03	*a* 10·00 / *b* 10·00 } 10·0	790 ^{grm} Blut transfundirt
17. II.	27·2	3·44	*a* 11·07 / *b* 11·57 } 11·32	
20. II.	37·8	3·53 / 3·48 } 3·50	*a* 10·85 / *b* 12·59 } 11·72	
23. II.	36·1	3·92 / 3·91 } 3·92	*a* 24·88 / *b* 19·53 } 22·21	
26. II.	38·8	3·71 / 3·69 } 3·70	*a* 25·57 / *b* 20·44 } 23·01	
29. II.	33·0	3·56 / 3·51 } 3·54	*a* 12·14 / *b* 13·13 } 12·64	
3. III.	39·2	3·46 / 3·49 } 3·48	*a* 11·10 / *b* 12·11 } 11·61	

Das Futter bestand täglich aus 200 ^{grm} Pferdefleisch-Wurst mit 7·36 ^{grm} N und 200 ^{grm} gestossenen Zwieback mit 3·10 ^{grm} N. Genügende Mengen beider Nahrungsmittel waren im Voraus bereitet.

Den Blutproben — sie waren aus den Arterien aufgefangen — wurde so viel oxalsaures Ammoniak zugesetzt, dass sie 0·2 % dieses Salzes enthielten.

Während die Doppelzahlen für den N sehr gut zu einander stimmen, zeigen die für den Haemoglobingehalt zum Theil sehr grosse, bis über 20 % steigende Abweichungen. Letzteres gilt namentlich für die an und für sich auffällig grossen Angaben über Haemoglobingehalt am 23. nnd 26. Februar.

Digitized by Google

Dürfte man den Methoden und ihrer Ausführung vollkommen trauen, so würde an jenen Tagen das Blut mindestens noch einmal so gehaltreich an Haemoglobin gewesen sein als vor der Transfusion. — Ebenso wie sich hier die des Haemoglobins, stellten sich im Versuch II die Verhältnisse des Stromas. Sie waren vom Tage vor bis zum vierten Tage nach der Ueberfüllung von 0·74 % auf 1·54 % gewachsen. Um der unwahrscheinlichen Annahme auszuweichen, dass das Verhältniss der Volumina zwischen Plasma und Körperchen sich zu Gunsten des letzteren so sehr verändert habe, könnte man die Thatsache auf Aenderungen in der Zusammensetzung der Körperchen, z. B. auf eine Verminderung ihres Wassergehaltes zurückführen wollen.

Mag dieses auch einstweilen dahingestellt bleiben, so zeigen doch jedenfalls die Zahlen, dass sich trocken die Masse der Körperchen vermehrt habe, eine Aussage, die durch den gleichzeitig angewachsenen N-Gehalt des Blutes bestätigt wird.

In Versuch IV wurde neben der Farbe und dem N-Gehalt des Blutes auch das Körpergewicht und die mit dem Harn täglich ausgeschiedene Menge an N bestimmt. Die gefundenen Zahlen sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Datum	Körpergew. in kgr	Wasser getrunken ccm	Koth in grm	Harnmenge in ccm	Täglicher N im Harn in grm		Mittel des täglichen Harn N	Bemerkung
10. II.	13·71	500	115	460	7·43 7·38	7·41		
11. II.	13·61	594		550	7·02 7·01	7·02		
12. II.	13·93	638		250	4·40 4·35	4·37		
13. II.	14·00	500	100	510	8·76 8·69	8·73	7·09	
14. II.	13·86	620		520	8·72 8·69	8·71		
15. II.	14·03	645	53	355	6·63 6·67	6·65		
16. II.	14·06	670	10	525	7·02 7·06	7·04		
17. II.	14·01		60	570	6·82 6·74	6·79		Blut entzogen Transfusion
17. II.	14·80	763						
18. II.	15·08	588	70	370	7·96 7·93	7·94		
19. II.	15·00	500		680	7·32 7·26	7·29	8·00	Blut entzogen
20. II.	14·98	500	70	480	6·81 6·86	6·84		
21. II.	14·63	507	70	995	9·91 9·95	9·93		

Digitized by Google

Fortsetzung.

Datum	Körpergew. in kgr	Wasser getrunken ccm	Koth in grm	Harnmenge in ccm	Täglicher N im Harn in grm	Mittel des täglichen Harn N	Bemerkung
22. II.	14·55	500	120	370	7·35 / 7·42 } 7·38		
23. II.	14·75	554		335	7·81 / 7·86 } 7·84	7·96	Blut entzogen
24. II.	14·91	572		310	8·66 / 8·63 } 8·65		
25. II.	14·84	500	120	450	? (Verlust		
26. II.	14·93	508		380	8·04 / 8·00 } 8·02		Blut entzogen
27. II.	14·87	500	30	440	8·42 / 8·46 } 8·44		
28. II.	14·78	500	130	390	8·53 / 8·49 } 8·51		
29. II.	15·06	500		275	5·81		Blut entzogen
1. III.	14·86	500	90	500	10·14 / 10·13 } 10·14	8·09	
2. III.	15·11	500		315	7·75 / 7·74 } 7·74		
3. III.	15·25	500		390	7·99 / 7·99 } 7·99		Blut entzogen
4. III.	15·06	500	90	515	9·09 / 9·08 } 9·09		
5. III.	15·28		30	315	7·00 / 7·05 } 7·03		

Nachdem es sich ergeben hatte, dass auch bei einem mit der Nahrung im Gleichgewicht befindlichen Thiere die Ausscheidung des Stickstoffes durch den Harn vermehrt wird, wenn seine Gefässe mit lebendigem Blut überfüllt waren, so schien es angezeigt, diese Wirkung zu verfolgen, ungetrübt durch eingeschaltete Minderungen im Bestand des Blutes, wie sie in den früher mitgetheilten Versuchen durch Aderlässe vorgenommen waren.

Versuch V.

Damit sich der Einfluss des zugeführten Blutes auf die Ausscheidung des N's rein darstelle, wurde das zum Versuch verwendete Thier mit einer für die ganze Versuchszeit vorbereiteten Futtermasse — Pferdefleisch 175 grm mit 5·58 grm N und Schweineschmalz 40 grm — zuerst in das Gleichgewicht gesetzt, bevor in seine Vena jugularis das Blut aus der Carotis eines zweiten Hundes übergeleitet wurde. Während der Dauer des Versuchs verweilte der Hund in einem Behälter, dessen Boden aus einem mit einem feinen Drahtnetz überspannten Thontrichter gebildet war. Aller entleerte Harn liess sich darum vollständig sammeln. Kurz vor der Ausführung der Transfusion und am Schluss der Beobachtungen wurde die Blase dnrch den Katheter entleert und mit Kochsalzlösung ausgespült.

Digitized by Google

Datum	Körpergew. in kgr	Koth in grm	Harnmenge in ccm	Täglich im Harn N. Doppelanal. in grm	Tagesmittel in grm	Gesammtmittel in grm
Vor Transf. 1 Tag	4·445		140	5·10 5·11	5·10	
2 „	4·448		150	5·87 5·76	5·81	
3 „	4·503		155	5·91 5·91	5·91	5·34
4 „	4·498		100	3·83 3·83	3·83	
5 „	4·488		?[1]	6·02 6·09	6·05	
	150 grm Bluttransf. mit 4·95 grm N.					
Sogleich nach Transfusion	4·645					
Nach Transf. 1 Tag[2]	4·594	32	165	5·74 5·80	5·77	
2 „	4·478		175	5·47 5·56	5·52	
3 „	4·485	25	120	4·61 4·65	4·63	5·63
4 „	4·414	15	210	6·29 6·30	6·30	
5 „	4·395		190	5·95 5·93	5·94	
6 „	4·445		120	4·85 4·83	4·84	
7 „	4·504		120	5·01 5·02	5·01	
8 „	4·469	25	170	6·43 6·40	6·42	
9 „	4·507		140	4·36 4·32	4·34	
10 „	4·491		185	6·54 6·54	6·54	5·42
11 „	4·562		135	4·68 4·69	4·68	
12 „	4·565		165	5·36 5·35	5·36	
13 „	4·562		170	5·25 5·27	5·26	
14 „			?[1]	6·30 6·34	6·32	

[1] Hat kein Fett gefressen.

[2] Katheterisirt, die Blase ausgespült.

Digitized by Google

Aus den Zahlen ist zu entnehmen, dass die Vermehrung der Blutmenge die Ausscheidung des N in geringem Grade, dafür aber dauernd beeinflusst hat. Bis zum 14. Tage nach der Ueberleitung des Blutes ist immer noch das täglich mit dem Harn ausgeschiedene Gewicht an N um ein geringes grösser als vorher. Wie gering das Uebergewicht der N-Ausscheidung nach der Transfusion im Vergleich zu der vor ihr gewesen sei, tritt indess deutlich zu Tage, wenn man mit Hilfe der Mittelwerthe des täglich ausgeschiedenen N, die in gleichen Zeiten vor und nach der Blutzufuhr gelieferten Summen berechnet. — So würde, wenn täglich 5·34 grm N vor der Transfusion ausgeschieden waren, binnen 14 Tagen 74·76 grm geliefert worden sein. Nach der Ankunft des Blutes wären in dem gleichen Zeitraum 76·93 grm, also 2·17 grm mehr als in der vorausgegangenen Periode ausgeschieden. Nach der an dem Blute vorgenommenen Bestimmung sind dem Hunde mit 157 grm Blut des anderen Thieres 4·95 grm N zugeführt worden. Der vorgelegten Schätzung gemäss war also in den vierzehn, auf die Transfusion folgenden Tagen kaum die Hälfte des mit dem Blute eingeführten N's vom Hunde ausgeharnt worden.

An die vorgelegten noch weitere Versuche zu reihen, war mir leider unmöglich. Vorerst muss ich mich darauf beschränken, in der Kürze den Inhalt meiner bisherigen Befunde vorzulegen, hoffend, dass es mir später gelingen werde, das Gebotene noch sicherer zu stellen und das Fehlende zu ergänzen.

1. Ein Hund, in dessen Gefässe eine grössere Menge lebendigen Blutes von aussen her zugeführt wird, zeigt keine Störungen seines Befindens. Er scheidet mit dem Tagesharn ein grösseres Gewicht an N aus, als die mit dem Futter gereichten Eiweissstoffe liefern können. Mit dem Gewicht des zugebrachten Blutes steigt auch das aus dem Harn ausgeschiedene Mehr an N über den von der Nahrung herkommenden.

2. Die überschüssige Ausscheidung an N beschränkt sich nicht auf einen Tag, der auf die künstlich hervorgerufene Blutfülle folgt, sie erstreckt sich vielmehr auf eine Reihe von Tagen; dem Anschein nach dauert sie um so länger, je mehr Blut zugebracht war.

3. Der gesammte Ueberschuss an N, welchen der Harn während einer Reihe von Tagen über den aus der Nahrung abstammenden entleert, übertrifft, wenn das Körpergewicht keine Abnahme erfährt, nicht das Gewicht des mit dem Blut zugeführten N's. — In solchen Fällen wird die von der Nahrung abhängige Umsetzung der Eiweissstoffe durch die künstliche Blutfülle nicht verändert. Indessen lässt sich im Hinblick auf den Versuch III S. 484 die Möglichkeit nicht abweisen, dass ein beträchtliches Mehr an Blut auch in den N-Umsatz fördernd eingreift, in Folge dessen jetzt die Nahrung nicht mehr hinreicht, um das Körpergewicht auf dem Stande zu halten, den es vorher zu erzielen vermochte.

Digitized by Google

4. Einen Beitrag zu den überschüssigen, durch den Harn ausgeschiedenen Stickstoff liefert das von aussen her eingeführte Blut. Für diese Annahme sprechen die Aenderungen, welche das kreisende Blut in seinem Gehalte an Farbstoff, Stroma und an Stickstoff erfährt. Alsbald nach der Ueberfüllung des Blutes steigt der procentische Werth der drei genannten Stücke an, erreicht dabei in allmählichem Wachsthum nach einigen Tagen früher oder später einen Höhepunkt und geht dann wieder herab, bis zu dem vor der Transfusion eingenommenen Stand. Unter Berufung auf die Beobachtungen von Tschiriew[1] und Forster[2] wird man das Aufsteigen des Farbstoffgehaltes darum erklärlich finden, weil das flüssige, im Plasma gelöste Eiweiss rascher als das geformte und Körperchen enthaltende aus dem Blute verschwindet. Der allmähliche Rückgang des Farbstoffes und des Stroma's wird aber verständlich, wenn man annehmen darf, dass die Neubildung und die Lebensdauer der Körperchen in den mit Blut überhäuften Gefässen ebenso verlaufe wie bei mässiger Fülle. Entsprechend ihrer grösseren Zahl in den blutreicheren Gefässen würde der Umfang des Zerfalls so lange den der Neubildung überwiegen, bis das vor der Zufuhr an Blut bestandene Gleichgewicht wieder hergestellt ist.

5. Auf den Ort, an welchem die Körperchen zerstört werden, lassen uns die mikroskopischen Untersuchungen schliessen; sie weisen uns auf das Innere des Gefässrohres selbst hin. Nirgends findet sich Blut ausgetreten und an keinem der untersuchten Orte, Leber, Milz, Knochenmark trifft man auf Formen, welche als Trümmer oder als ältere Stufen von Körperchen gelten dürften. Auch kann sich das Haemoglobin nicht aus den Körperchen entfernt haben, bevor sie sich auflösen. Denn zu keiner Zeit ist das Serum roth gefärbt.

Ueber die angewandten Methoden.

Die Transfusion.

Bei dieser bin ich bei allen Versuchen in folgender Weise vorgegangen: Der Versuchshund wurde auf einem losen Brett festgebunden und nach Einbindung einer Canüle in der Vena jugularis auf die Decimalwage oder wenn es ein kleineres Thier war, auf die eine Platte einer gewöhnlichen Tafelwage gelegt. Dann wurde die Wage durch Tariren in's Gleichgewicht gebracht. Das zu transfundirende Blut wurde von der Arteria carotis eines anderen, etwas grösseren Hundes, der am dicht nebenbei stehenden

[1] *Berichte der sächs. Gesellschaft der Wissenschaften.* 1874.
[2] *Münchner Acad. Sitzungsberichte.* 1875.

Digitized by Google

Operationstisch festgebunden war, durch einen Schlauch unmittelbar in die Vena jugularis des Versuchsthieres hinübergeleitet. Das Versuchsthier nahm dabei an Gewicht zu, und beim Auflegen von Gewichten auf die Wageschale, wo sich die Tarirgewichte befanden bis sich Gleichgewicht einstellte, konnte ich zu jeder Zeit wissen, wie viele Gramm ungefähr in das Versuchsthier hinübergegangen waren. Nach dem Unterbrechen der Operation wurde wieder genaues Gleichgewicht hergestellt und die nach dem Anfang der Operation zugefügten Gewichte zeigten dann das Gewicht des transfundirten Blutes an.

Die Stickstoffbestimmungen.

Bei diesen habe ich nur die Kjeldahl'sche Methode in Anwendung gebracht und diese in folgender Weise ausgeführt: Die Substanz wurde mit 20 ccm oder wenn es grössere Mengen waren mit 40 bis 50 ccm concentrirter Schwefelsäure gekocht, indem eine etwas über stecknadelkopfgrosse Quecksilberperle hinzugefügt wurde. Das Kochen wurde fortgesetzt bis die Flüssigkeit ganz wasserklar erschien. Dann wurde dieselbe noch ganz heiss mit feingepulvertem übermangansaurem Kali, das aus einer kleinen Pfefferbüchse hineingestreut wurde, oxydirt. — Bei dem Ueberdestilliren des Ammoniaks, das mit einer 33 procentigen Natronlauge vorgenommen wurde, liess ich das unten zugespitzte Destillationsrohr circa 1 bis 2 mm über die titrirte Säure im offenen Kolben ausmünden, wobei, wie allgemein zugegeben wird, kein Ammoniak verloren geht. Die zum Aufschliessen und zur Destillation verwendeten Reagentien waren geprüft und ammoniakfrei gefunden. Als Vorlagssäure benutzte ich eine Schwefelsäure, deren Titer demjenigen einer $^1/_5$ Normalsäure ziemlich nahe kam.

Zur Bestimmung des Stickstoffs im Harn ist dieser täglich durch Verdünnung mit Wasser auf ein bestimmtes Volum, gewöhnlich 1000 ccm gebracht. Davon wurden 10 oder 5 ccm zur Analyse abgemessen.

Für die Stickstoffbestimmungen des Fleisches und des Transfusionsblutes wurden immer circa 10 grm abgewogen. Diese wurden mit Schwefelsäure gekocht, bis die Flüssigkeit klar und ziemlich hell war. Dann wurde dieselbe nach dem Erkalten bis auf 150 ccm verdünnt und davon 10 ccm abgemessen, die mit Schwefelsäure vollständig aufgeschlossen und mit Natronlauge destillirt wurden. — Auch wurde, wenn das Blut, um die Gerinnung zu verhindern, in Salzlösungen aufgefangen wurde, die entstandene Verdünnung, und wenn oxalsaures Ammoniak benutzt worden war, dessen N bei der Berechnung berücksichtigt.

Digitized by Google

Die Stromasubstanzbestimmungen.

Das Blut wurde zur Verhinderung der Gerinnung in den Versuchen I und II in „halbgesättigter“ [1] Lösung von schwefelsaurem Magnesia aufgefangen. Diese Lösung befand sich in einem Messcylinder. Das Volumen der Magnesialösung und des Gemisches von Blut mit derselben Lösung wurde notirt um später den Blutgehalt des zur Analyse abgemessenen Blutgemischquantums (20 ccm) berechnen zu können. Zu der Magnesialösung wurde immer so genau wie möglich ein gleich grosses Volum Blut zugelassen. — In dem Versuch III wurde das Blut in einer 2-procentigen Lösung von oxalsaurem Ammoniak aufgefangen (im Verhältniss von ca. 27 ccm Blut zu 3 ccm Lösung). Es wurde sonst verfahren ganz wie oben angegeben, nur mit dem Unterschied, dass zur Analyse nur 10 ccm Blutgemisch abgemessen wurden.

Die abgemessenen Blutgemische wurden nun zweimal mit 2-procentiger Kochsalzlösung centrifugirt. Dann wurde die Kochsalzlösung abgegossen und der am Boden des Centrifugirglases befindliche dicke Brei von Blutkörperchen mit Aetherwasser [2] geschüttelt, wobei eine Art Lösung der Blutkörperchen entsteht. Diese Lösung wurde nun, um die weissen Blutkörperchen zu entfernen, centrifugirt, bis sie ganz durchsichtig erschien, was immer mehrere Stunden in Anspruch nahm. Die klare Lösung wurde vorsichtig abgegossen und der im Glase befindliche Bodensatz mit den Resten der Flüssigkeit auf ein kleines Filter gespült und ausgewaschen. Das Waschwasser lief in die Hauptlösung hinein. Diese Lösung wurde nun mit einer 1-procentigen Lösung von saurem schwefelsaurem Natron, die tropfenweise zugesetzt wurde, gefällt, bis ein Niederschlag eben deutlich sichtbar wurde. (Ein Ueberschuss der Lösung muss vermieden werden, da sich dabei die Flüssigkeit braun färben kann unter Bildung von Haematin, das ausfallen und mit in den Niederschlag gelangen kann.) Die Fällung wurde bis am folgenden Tag stehen gelassen, wobei sich der Niederschlag viel besser filtriren liess, als wenn er sogleich nach der Fällung abfiltrirt wurde.

Der Niederschlag wurde auf einem getrockneten und gewogenen Filter abfiltrirt, mit kaltem Wasser ausgewaschen, bei 110° getrocknet und gewogen.

---

[1] Ein Gemisch von gleichen Theilen Wasser und gesättigter Magnesialösung.

[2] Dieses wurde in der Weise dargestellt, dass der Aether zur Entfernung der darin befindlichen Spuren von Säure und Alkohol mit destillirtem Wasser 4—6 Mal ausgeschüttelt wurde. Dann wurde derselbe nochmals mit einer grösseren Menge Wasser geschüttelt und das so gewonnene Aetherwasser im Scheidetrichter von dem ungelösten Aether getrennt.

Digitized by Google

Die in dieser Weise ausgeführten Doppelanalysen stimmen nun nicht so gut mit einander überein, wie wünschenswerth wäre. Differenzen von 10 % und darüber kommen nicht selten vor. Zuweilen stimmen die Doppelanalysen so schlecht, dass ich die eine derselben als unbrauchbar kassiren musste. Den Grund dazu kann ich nicht angeben. Ich glaube aber, dass die mehr oder weniger vollständige Entfernung von der Kochsalzlösung hier eine Rolle gespielt hat. Sicher ist, dass, als ein paar Mal circa 10 ccm von dieser Lösung beim Abgiessen zurückblieb, bevor die Blutkörperchen mit Aetherwasser behandelt wurden, die Ausfällung von der Stromasubstanz dabei vollständig verhindert wurde.

Ich glaube, dass aus dem oben angegebenen Verfahren eine für die Blutuntersuchung werthvolle Methode ausgearbeitet werden kann. So, wie ich die Methode ausgeführt habe, waren aber die Analysen mit viel Arbeit verknüpft und dauerten ziemlich lange, wenigstens 2 bis 3 Tage, so dass ich das Verfahren für Versuchsreihen, in denen viele Bestimmungen neben einander gemacht werden müssen, als weniger geeignet ansehe.

Die Haemoglobinbestimmungen.

Bei diesen Bestimmungen habe ich einen nach dem Vierordt'schen Modell von Krüss in Hamburg verfertigten Apparat benutzt, der mit einem sich symmetrisch öffnenden Doppelspalt ausgestattet war.

Die Theorie der spectrophotometrischen Methode darf ich nach den Arbeiten von Vierordt und anderen als bekannt ansehen.

Da ich keine Zeit hatte, das Absorptionsverhältniss des Haemoglobins für den von mir benutzten Apparat festzustellen, musste ich mich damit begnügen, die Bestimmungen so auszuführen, dass untereinander vergleichbare Resultate herauskamen. Zu diesem Zweck wurde in derjenigen Blutprobe, die vor der Transfusion dem Versuchsthiere entnommen wurde, der Haemoglobingehalt gleich 10 willkürlich gewählten Gewichtseinheiten in 100 ccm Blut gesetzt. Für diese Einheit wurde das Absorptionsverhältniss nach der Formel

$$A = \frac{c}{e}$$

berechnet.

Die so gefuudene Constante wurde nun bei der Berechnung der in demselben Versuche später auszuführenden Analysen nach der Formel

$$c = Ae$$

benutzt.

Digitized by Google

In den genannten Formeln bedeutet e den unmittelbar bei der Bestimmung gefundenen Extinctionscoefficienten der zur Untersuchung an dem Spectrophotometer dargestellten Blutlösung und c die Concentration derselben Lösung, d. h., die in einem Cubikcentimer derselben enthaltene, in den gewählten Einheiten ausgedrückte Haemoglobinmenge.

Diese Blutlösungen wurden aus den oben besprochenen Gemischen von Blut und Lösung von oxalsaurem Ammoniak oder Kali dargestellt. In Versuch III wurde von dem Blutgemisch 1 ccm abgemessen und bis auf 150 ccm mit einer $^1/_{10}$ procentigen Lösung von kohlensaurem Natron verdünnt. In Versuch IV wurden von dem Blutgemisch 5 ccm abgemessen und bis auf 50 ccm mit der Natriumcarbonatlösung verdünnt. Von dieser Lösung wurden nun wieder 10 ccm zur Bestimmung des Stickstoffgehaltes im Gesammtblute und 10 ccm zu Haemoglobinbestimmungen abgemessen. Die letzteren wurden dann mit der Natriumcarbonatlösung bis auf 150 ccm verdünnt.

Der Gehalt der zur spectrophotometrischen Untersuchung so dargestellten Lösungen an Blut (circa 1 ccm Blut auf 150 ccm Lösung) liess sich genau berechnen, da das Volum der Blutgemische und das der Lösungen von den oxalsauren Salzen bekannt war.

Wenn wir annehmen, dass eine Blutlösung n ccm Blut in 150 ccm Lösung enthielt, so wurden die in 100 ccm Blut enthaltenen Gewichtseinheiten (G) von Haemoglobin nach der Formel

$$G = \frac{100 \cdot c \cdot 150}{n}$$

gefunden.

Bei der Ausführung der Bestimmungen wurden wie gewöhnlich die Spectralbezirke D 32 E — D 54 E und D 63 E — D 84 E benuzt.[1] In jedem von diesen Bezirken wurden nun 10 Einstellungen gemacht und das Mittel davon genommen. — Die in den zwei Bezirken ausgeführten Bestimmungen stimmten nicht immer so gut überein, wie erwartet werden konnte. Die in Bezirk D 63 E — D 84 E ausgeführten fallen durchgehends sowohl in Versuch III als IV etwas höher aus als die im Bezirk D 32 E — D 54 E ausgeführten. Nur bei den höchsten Zahlen in dem Versuch IV ist das Verhältniss umgekehrt, was offenbar davon herrührt, dass die Blutlösungen sehr concentrirt waren und der untere Spalt deswegen so eng gemacht werden musste, dass die Bestimmungen unsicher wurden. Diese Unsicherheit macht sich nun am meisten geltend in dem Bezirk D 63 E — D 84 E, wo die Lichtstärke schwächer ist als in dem anderen Bezirk. Zwar konnte ich den oberen Spalt erweitert haben um grössere Lichtstärken zu be-

[1] Die gefundenen Zahlen sind im Versuch IV mit a und b bezeichnet.

Digitized by Google

kommen. Es ist aber die Frage aufgeworfen, ob das Absorptionsverhältniss ganz von der benutzten Spaltbreite unabhängig ist und da dies, soweit ich weiss, noch nicht vollkommen sichergestellt ist, habe ich vorgezogen, den oberen Spalt immer auf 50 Trommeltheile einzustellen.

Da es meine Absicht nicht war, die spectrophotometrische Methode einer kritischen Prüfung zu unterwerfen, und da ausserdem die erreichte Genauigkeit mir genügte, so habe ich den Ursachen der mangelnden Uebereinstimmung nicht weiter nachgespürt.

Digitized by Google

Die Resorption der Fettsäuren der Nahrungsfette mit Umgehung des Brustgangs.

Von

Otto Frank.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

In einer Arbeit, die sich an die grundlegenden Abhandlungen von I. Munk[1] anschloss, hatte P. v. Walther[2] auf Grund seiner Beobachtungen es wahrscheinlich gefunden, dass der Ductus thoracicus nicht den einzigen Abzugsweg für die im Dünndarm resorbirten Gemische von Palmitin-, Oel- und Stearinsäure darstelle.

Hr. Prof. Ludwig forderte mich zu einer Fortsetzung der Arbeit auf.

Die Versuche Walther's waren in der Weise ausgeführt worden, dass nach der Fütterung mit Fettsäuren während einer bestimmten Zeit Chylus aus dem Ductus thoracicus gesammelt, dann nach Tödtung des Thieres die Fette im Magen und Dünndarm sowie die des Chylus bestimmt wurden. Es wurde die Summe der Fettsäuren im Magen und Dünndarm, sowie der durch den Ductus geflossenen, aus den beobachteten Werthen für die ganze Zeit der Verdauung umgerechneten Fettsäuremenge stets geringer gefunden, als das mit der Nahrung eingeführte Fettsäurequantum. Ein Theil dieser Fettsäuren musste also auf einem anderen Wege aus dem Dünndarm verschwunden sein als durch den Ductus tho-

[1] Virchow's *Archiv.* Bd. 80. S. 10., Bd. 95. S. 407. Bd. 122. S. 302. *Dies Archiv,* Suppl. 1890. S. 116. Munk u. Rosenstein, Virchow's *Archiv.* Bd. 123. S. 230 und 484.

[2] Zur Lehre von der Fettresorption. *Dies Archiv.* 1890. S. 335.

Digitized by Google

racicus. Nicht berücksichtigt waren bei diesen Versuchen die in die Faeces übergetretenen Mengen.

Ich dehnte deshalb die Untersuchung in meinen Versuchen auch auf den Dickdarminhalt aus. Ausserdem konnte gegen die obige Folgerung der Einwand erhoben werden, dass der Fettdurchgang durch den Brustgang nicht während der ganzen Verdauungszeit beobachtet worden war, und dass möglicherweise vor der Beobachtungszeit ein grösserer Theil den Ductus passirt hatte als während derselben. Um diesen Einwand auszuschliessen, wurde ausser einer Anzahl von Versuchen, die den v. Walther'schen ähnlich waren, noch bei mehreren Hunden die Fettsäureresorption bei unterbundenem Ductus untersucht und hierbei eine Reihe von Blutanalysen ausgeführt.

Eine eingehende Schilderung der von mir angewendeten chemischen Darstellungs- und analytischen Methoden, die für die Beurtheilung der Resultate durchaus nothwendig erscheint, werde ich am Schluss der Abhandlung geben und schreite sogleich zur Beschreibung der Thierversuche.

I. Versuchsreihe.

Den Versuchsthieren, Hunden von mittlerer Grösse, wurde nach zwei- bis viertägigem Hunger der Ductus thoracicus an der Einmündungsstelle in die Venen eröffnet, worauf die Lymphe geraume Zeit hindurch gesammelt wurde. Einige Stunden vor Beginn der Lymphsammlung waren die Hunde mit einer grösseren Menge der auf die unten geschilderte Weise zubereiteten Fettsäuren (Schmelzpunkt 42°) gefüttert worden, denen etwa die gleiche Menge Stärke oder Wassersemmel und etwas Fleischextract zugesetzt worden war. Der Chylus war nach dieser Fütterung stets mehr oder weniger milchig getrübt.

Für die Beantwortung der aufgeworfenen Frage erscheint die Trennung der in dem Aetherextract des Darminhaltes und des Chylus enthaltenen Stoffe unnöthig, da neben den freien Fettsäuren und den Neutralfetten die geringen Mengen Lecithin und Cholesterin verschwinden. Ich analysirte daher das Gemisch nicht weiter und bezeichne es, ohne über seine Zusammensetzung etwas ausdrücken zu wollen, als Fett. Auch die Bestimmung der Seifen im Chylus unterblieb, da der Gehalt des Chylus an denselben nach I. Munk[1] nicht im Zusammenhang mit der Fettresorption steht, in keinem Falle von irgendwie wesentlicher Bedeutung ist und das geringe Minus durch das Plus an Cholesterin wieder aufgehoben wird.

[1] Virchow's *Archiv.* S. 28.

Digitized by Google

Versuch I.

Hund von 12 Kilo Gewicht, erhält 36·58 grm Fettsäuren. 3 Stunden 50 Min. nach der Nahrungsaufnahme wird mit dem Sammeln des Chylus begonnen, das 3 Stunden 30 Minuten fortgesetzt wird. Während dessen werden 46·6 ccm. Lymphe gewonnen. Gesammte Versuchsdauer 7 Stunden 20 Minuten.

Im Magen 27·73 grm, im Dünndarm 1·98 grm, im Dickdarm 0·59 grm, im Chylus 1·59 grm Fett.

Versuch II.

Hund von 19 Kilo, erhält 52·06 grm Fettsäuren. 5 Stunden 45 Min. nach der Fütterung wird die Aufsammlung der Lymphe versucht, jedoch durch Gerinnungen verhindert. Nach 2 Stunden Tödtung des Thieres. Bei der Section erweist sich der Brustgang als verschlossen. Gesammt-Versuchsdauer 7 Stunden 45 Min. Im Magen 30·96 grm, im Dünndarm 4·93 grm, im Dickdarm 0·94 grm Fett.

Versuch III.

Hund von 13 Kilo, erhält 51·20 grm Fettsäuren. 6 Stunden 25 Min. nachher wird mit dem Sammeln des Chylus begonnen. Während 1 Stunde 55 Min. werden 45·6 ccm Lymphe erhalten. Gesammt-Versuchsdauer 8 Stunden 20 Min. Im Magen 31·60 grm, im Dünndarm 3·64 grm, im Dickdarm 3·23 grm, Chylus 2·04 grm Fett.

Versuch IV.

Hund von 18 Kilo, erhält 53·45 grm Fettsäuren. 7 Stunden 30 Min. später wird mit der Sammlung des Chylus begonnen. Während 1 Stunde 35 Min. werden 133·7 ccm Lymphe aufgefangen. Gesammt-Versuchsdauer 8 Stunden 45 Min. Im Magen 34·00 grm, im Dünndarm 1·72 grm, im Dickdarm 3·36 grm, im Chylus 0·72 grm Fett.

Versuch V.

Hund von 17 Kilo, erhält 46·95 grm Fettsäuren. 7 Stunden 35 Min. später wird mit dem Sammeln des Chylus begonnen, das von wiederholten Gerinnungen gestört wird, so dass während 1 Stunde 25 Min. nur 6·0 ccm. Chylus ausfliessen. Gesammt-Versuchsdauer 9 Stunden. Im Magen 0.74 grm, im Dünndarm 10.78 grm, im Dickdarm 6·55 grm, im Chylus 0.09 grm Fett.

Versuch VI.

Hund 17 Kilo schwer, erhält 47·72 grm Fettsäuren. 7 Stunden nach der Fütterung wird mit dem Sammeln des Chylus begonnen. Während 3 Stunden werden 80·7 ccm. Lymphe aufgefangen. Versuchsdauer 10 Std. 40 Min. Im Magen 26·25 grm, im Dünndarm 0·94 grm, im Dickdarm 3·20 grm, im Chylus 0·96 grm Fett.

Digitized by Google

Versuch VII.

Hund von 22 Kilo Gewicht, erhält 49·91 grm Fettsäuren. 17 Stunden 15 Min. später wird die Sammlung des Chylus begonnen. Während 4 Std. 10 Min. werden 237·4 ccm. Lymphe aufgefangen. Gesammt-Versuchsdauer 21 Stunden 25 Min. Im Magen 2·63 grm, im Dünndarm 2·75 grm, im Dickdarm 4·56 grm, im Chylus 3·35 grm Fett.

Zur besseren Uebersicht stelle ich die Daten dieser Untersuchung in einer Tabelle zusammen. Die Versuche sind so geordnet wie oben, d. h. nach der Versuchsdauer. Diese, d. i. die Verdauungszeit, ist in Spalte II angegeben, Spalte III enthält die Fettsäuremengen im Futter, IV bis VI die im Magendarmtractus gefundenen, VII die Dauer der Chylussammlung, VIII die erhaltenen Mengen Chylus, IX die darin gefundenen Fette.

Tabelle I.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.		
						Chylus				
Versuchs-Nr.	Verdauungs-Zeit	Fettsäuren im Futter	Fett im Magen	Fett im Dünndarm	Fett im Dickdarm	gesammelt während	Menge in ccm	Fette	Gewicht der Hunde in Kilo	Bemerkung
I.	7h 20′	36·58	27·73	1·98	0·59	3h 30′	46·6	1·59	12	
II.	7h 45′	52·06	30·96	4·93	0·94	2h —	unterbunden		19	Gerinnungen
III.	8h 20′	51·20	31·60	3·64	3·23	1h 55′	46·5	2·04	13	
IV.	8h 45′	53·45	34·00	1·72	3·36	1h 35′	133·7	0·72	18	
V.	9h —	46·95	0·74	10·78	6·55	1h 25′	6·0	0·09	17	Gerinnungen
VI.	10h 40′	47·72	26·25	0·94	3·20	3h 40′	80·7	0·96	17	
VII.	21h 25′	49·91	2·63	2·75	4·56	4h 10′	23·74	3·35	22	

Bevor ich auf die Discussion der Hauptfrage eingehe, scheint es mir von Wichtigkeit, einige allgemeine Ergebnisse der Untersuchung zu erörtern, die wesentlich für das Verständniss der zeitlichen Verhältnisse bei der Verdauung und der Resorption sind. Sie betreffen die Zeit des Verweilens der Speisen im Magen und ihren Uebertritt in den Dünndarm. Ich nehme aus den obigen Werthen die hier in Betracht kommenden heraus und ordne sie tabellarisch, nachdem ich die im Magen noch vorhandenen, sowie die bereits aus ihm verschwundenen Fettsäuremengen in Procenten der verfütterten Fettsäuren berechnet habe. (Spalte V und VII). Aehnlich betrachte ich die im Dünndarm gefundenen Mengen. Diese letztere Ausdrucksweise wähle ich, um die in den verschiedenen Versuchen mit verschiedenen Futtermengen erhaltenen Resultate vergleichen zu können. Ihr liegt die Anschauung zu Grunde, dass innerhalb ziemlich weiter Grenzen die Verdauungs-, bezw. Resorptionsgeschwindigkeit von der Menge des Futters unabhängig ist. Versuch V stelle ich an den Schluss der Tabelle; ich will ihn gesondert nach den übrigen erörtern.

Digitized by Google

Tabelle II.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Versuchs-Nr.	Verdauungszeit	Fettsäuren im Futter	Im Magen noch vorhanden		Aus dem Magen verschwunden			Im Dünndarm vorhanden	
			in grm	in Proc.	in grm	in Proc.	in 1 h in Proc.	in grm	in Proc.
I.	7 h 20′	36·58	27·73	75·7	8·85	24·3	3·31	1·98	5·4
II.	7 h 45′	52·06	30·96	59·5	21·10	40·5	5·23	4·93	9·5
III.	8 h 20′	51·20	31·60	61·7	19·60	38·3	4·60	3·64	7·1
IV.	8 h 45′	53·45	34·—	63·6	19·45	36·4	4·16	1·72	3·2
VI.	10 h 40′	47·72	26·25	55·0	21·47	45·0	4·22	0·94	2·0
VII.	21 h 25′	49·91	2·63	5·3	47·28	94·7	4·42	2·75	5·5
						Mittel	4·32	Mittel	5·54
V.	9 h —	46·95	0·74	1·6	46·21	98·4	10·9	10·78	22·9

Bei Betrachtung dieser Tabelle fällt sofort das lange Verweilen der Nahrung im Magen auf. Nach $21^1/_2$ stündiger Verdauung fanden sich im Magen noch 5·3 Procent der verfütterten Fettsäuren. Um die in verschiedenen Versuchen erhaltenen Werthe miteinander vergleichen zu können, habe ich für die Stunde der Verdauungszeit die aus dem Magen in den Dünndarm gewanderten Fettsäuremengen in Procenten des verfütterten Quantums ausgedrückt, d. h. die Geschwindigkeit des Wegganges der Speisen aus dem Magen berechnet (Spalte VIII). Die Zusammenstellung zeigt für diese 6 Hunde eine grosse Uebereinstimmung der Werthe, so dass ich mich für berechtigt halte, aus denselben das Mittel zu ziehen, und so die Verdauungsgeschwindigkeit für ein „Normalthier" zu berechnen, wonach ich folgenden Satz aufstelle: Im Allgemeinen verlassen in einer Stunde 4·3 Procent der verfütterten Fettsäuren den Magen, oder anders ausgedrückt, der Magen ist bei mittelgrossen Hunden durchschnittlich erst nach 23 Stunden 10 Minuten frei von Nahrung, wenn eine reichliche Menge Fettsäuren (ca. 50 grm) gefüttert wurde. Zawilski[1] hat für die Verdauung der Fette 24 Stunden als die fragliche Zeit gefunden. Daraus, dass die Geschwindigkeiten der Speisenwanderung aus dem Magen bei den Versuchen, die nur die erste Hälfte der Verdauungszeit umfassen, — Versuch I. II. III. IV. VI. — nicht von der des letzten Versuches VII abweichen, die aus der ganzen Verdauungszeit abgeleitet ist, lässt sich weiter noch schliessen, dass die Fortschaffung der Speisen aus dem Magen in der ersten und der zweiten Hälfte der ganzen Verdauungszeit mit gleicher Geschwindigkeit erfolgt, d. h. etwas erweitert, dass während der ganzen Verdauungszeit in gleichen Zeitintervallen gleiche Mengen Fettsäuren, — ob schubweise oder continuirlich

[1] *Arbeiten aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.* 1876. S. 157.

Digitized by Google

lässt sich aus meinen Versuchen natürlich nicht ermitteln —[1] aus dem Magen in den Dünndarm übertreten. Dass im Anfang und am Ende der Verdauung die Bewegung eine langsamere ist, ist a priori anzunehmen. Darüber sagen jedoch meine Versuche gleichfalls nichts aus.

Der langsamen und regelmässigen Wanderung der Fettsäuren aus dem Magen entsprechend sind die Mengen derselben im Dünndarm verhältnissmässig gering und ziemlich constant. Ich berechne im Mittel aus den 6 Versuchen 5·54 Procent der verfütterten Fettsäuren als die jeweilig im Dünndarm gefundene Fettsäuremenge. Das Maximum ist 9·5 Procent, das Minimum 2·0 Procent. Vergleichsweise habe ich aus den Zawilski'schen Beobachtungen[2] eine ähnliche Berechnung angestellt. Derselbe hat durchschnittlich 5·53 Procent der verfütterten Fette im Dünndarm bei noch grösserer Constanz der Werthe gefunden, eine merkwürdige, selbstverständlich bis zu einem gewissen Grade zufällige Uebereinstimmung mit den Resultaten meiner Untersuchung.

Kurz will ich die aus den beobachteten Thatsachen von mir gezogenen Schlüsse folgendermaassen zusammenfassen, indem ich zugleich die Zawilski'schen Beobachtungen einbeziehe.

Nach einer Fütterung mit einer reichlichen Menge Fettsäuren (vermengt mit ungefähr gleichen Mengen Kohlehydrate) währt im Allgemeinen der Uebertritt der Speisen vom Magen nach dem Dünndarm, der wahrscheinlich bald nach der Nahrungsaufnahme beginnt, circa 24 Stunden. Die während der ganzen Verdauungszeit ungefähr gleichbleibende Geschwindigkeit der Nahrungswanderung ist so geregelt, dass der Dünndarm mit zu bearbeitendem Material nie überlastet ist, dass die Resorptionsorgane Zeit finden, die Massen wegzuschaffen, so dass im Durchschnitt nur 5 bis 6 Procent der verfütterten Fettsäuren sich jeweilig im Dünndarm vorfinden. Aehnliche Verhältnisse zeigt die Fettverdauung (Zawilski). Man vergleiche auch die Beobachtungen von Schmidt-Mühlheim,[3] die für die Eiweissverdauung eine Regulirung im ähnlichen Sinne vermuthen lassen.

Von diesem Schema weicht nur Versuch VI ab: der Magen hat in bedeutend kürzerer Zeit die Nahrung weitergeschafft und dem Dünndarm weit grössere Mengen zugeführt, zu grosse wahrscheinlich, als dass sie in normaler Weise hätten ausgenutzt werden können. Denn durch die Faeces gingen mehr Fettsäuren dem Körper-Stoffwechsel verloren, als in einem der anderen Versuche (s. Tab. I). Was der Grund der schnelleren Bewegung

---

[1] Nach anderen Versuchen ist das schubweise Vordringen der Ingesta festgestellt, s. Hermann's *Hdb. der Physiologie.* 5II. S. 430.

[2] *Citirte Abhandlung.* S. 157.

[3] *Dies Archiv.* 1879. S. 55.

Digitized by Google

in diesem Falle war, kann ich nicht ermitteln; in meinem Journal finde ich keine Notiz über irgend auffällige Unregelmässigkeiten im Verhalten des Hundes.

Hier will ich gleich bemerken, dass ich die in den Faeces gefundenen Fettsäuremengen nicht zu einer genaueren Ausnützungsberechnung verwerthen kann, da eine Kothabgrenzung nicht vorgenommen worden ist. Nur soviel geht aus denselben hervor, dass die Ausnützung dieser über Körpertemperatur erst schmelzenden Fettsäuren (bei 42°) eine sehr gute ist: über 90 Procent, s. Versuch VII.

Der oben geschilderte Verdauungsmodus lässt erwarten, dass sich im Fettstrom durch den Ductus thoracicus analoge consequente Regelmässigkeiten zeigen, und Zawilski hat auch thatsächlich nach seinen Beobachtungen eine Curve der Fettströmungen im Ductus festzustellen versucht.[1] Er nimmt an, dass von der Zeit des ersten Uebertrittes der Fette in den Dünndarm bis etwa zur fünften Verdauungsstunde die durch den Chylus in der Zeiteinheit weggeführten Fettmengen langsam wachsen, dass das erreichte Maximum erhalten bleibt bis zu dem Zeitpunkt etwa, wo die Fette aus dem Magen verschwunden sind, er giebt an bis zur 22. Verdauungsstunde, von der ab dann der Abfall beginnt.

Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der von mir ermittelten für die Beurtheilung des Verlaufs des Fettstromes im Ductus wichtigen Thatsachen. Versuch II und V habe ich von der folgenden Betrachtung ausgeschlossen.

Tabelle III (Chylus).

I.	II.		III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Versuchs-Nr.	Sammelzeit			Menge in ccm		Fett		
	nach der Fütterung von	bis	Dauer	für die ganze Zeit	pro Minute	total	in 1 Stunde in grm	in 1 Stunde in Proc.
I.	3h 50′	7h 20′	3h 30′	46·6	0·22	1·59	0·45	1·24
III.	6h 25′	8h 20′	1h 55′	46·5	0·40	2·04	1·06	2·08
IV.	7h 10′	8h 45′	1h 35′	133·7	1·40	0·72	0·45	0·85
VI.	7h —	10h 40′	3h 40′	80·7	0·37	0·96	0·26	0·55
VII.	17h 15′	21h 25′	4h 10′	237·4	0·95	3·35	0·80	1·61
				Mittel	0·67		Mittel	1·27

Die Beobachtungen fallen sämmtlich in die von Zawilski angenommene Periode des maximalen Fettstromes und müssten somit die für diese Zeit angenommene Constanz zeigen. Diese Constanz ist auch insofern vorhanden,

[1] *Citirte Abhandlung.* S. 158—160. Untersuchungen am Menschen haben Munk und Rosenstein angestellt. S. Virchow's *Archiv.* Bd. 123. S. 247 und ff.

Digitized by Google

als kein von der Zeit abhängiges Wachsen oder Fallen der Werthe auftritt, (man vergl. Spalte II und VIII) sondern nur unregelmässige Schwankungen. Da diese Schwankungen nicht grösser als die von Zawilski beobachteten, da sie unabhängig von der Geschwindigkeit des Lymphstromes sind (vergl. Spalte V und VIII), da ferner der Verdauungsmodus bei diesen Thieren die oben geschilderten Uebereinstimmungen zeigt, so folgere ich ähnlich wie Zawilski, dass sie nicht durch Unregelmässigkeiten im Aufsammeln der Lymphe bedingt sind, und dass sie nicht individuelle Schwankungen darstellen, sondern in kleineren Zeitintervallen auftretende Abweichungen von einem Mittelwerth, der den Antheil des Chylusstromes an der Fettsäureresorption bei einer „Normalverdauung" ausdrückt. Weitere Gründe für die Berechtigung einer derartigen Auffassung finden sich in der oft angezogenen Arbeit von Zawilski S. 162 bis 164, ich halte es nicht für nothwendig, sie hier zu wiederholen.

Die mittlere Geschwindigkeit des Fettstromes im Brustgange nach Fettsäurefütterung berechnet sich hiernach auf 1·27 Procent der verfütterten Fettsäuren pro Stunde, während nach Zawilki's Versuchen während der maximalen Resorption nach Fettfütterung 3·15 Procent des verfütterten Fettes den Ductus passiren.[1]

Dass dieser Unterschied in den von mir und Zawilski erhaltenen Werthen nicht dadurch bedingt ist, dass bei meinen Versuchsthieren etwa Störungen im Auffangen der Lymphe vorgekommen sind, geht daraus hervor, dass die Lymphmengen in meiner Versuchsreihe durchschnittlich noch etwas grösser waren, als in der Zawilski's: 0.67 CC. pro Minute gegen 0·61 CC, während die Versuchsthiere in beiden Untersuchungen etwa von gleicher Grösse waren.

Es würde sich also aus der Verschiedenheit der Zahlen folgern lassen, dass der Ductus thoracicus bei der Fettverdauung einen weit grösseren Antheil des Fettes bezw. der Fettsäuren dem Blute zuführt, als bei der Verdauung der Fettsäuren.

Ich komme nun zur Schlussbetrachtung der mitgetheilten Beobachtungen. Zawilski hat nach seinen Versuchsresultaten sogar für die Fettverdauung vermuthet, dass der Ductus thoracicus nicht den einzigen Abzugsweg für die Fette darstellt; es ist ihm nicht gelungen, aus den Mengen des im Ductus strömenden Fettes die aus dem Darmcanal verschwundenen Fettmengen zu decken. Nach den obigen Erwägungen lässt sich mit Sicherheit erwarten, dass die ähnlich angestellte Verdauungsbilanz bei der Fettsäureverdauung ein weit grösseres Deficit ergiebt.

---

[1] Umrechnung des von Zawilski selbst gebildeten Mittelwerthes in Procenten der verfütterten Mengen.

Digitized by Google

Um die Verhältnisse klar übersehen zu lassen, stelle ich folgende Tabelle auf. Die Mengen Fettsäuren, die den Ductus während der Verdauungszeit durchströmten, habe ich aus dem oben erhaltenen Mittel berechnet (s. Spalte VII).

Tabelle IV.

I. Versuchs-Nr.	II. Verdauungszeit	III. Fettsäure im Futter	IV. Fett im Magen und Dünndarm	V. Verarbeitete Menge (III − IV)	VI. Fett im Dickdarm	VII. Fett im Chylus	VIII. Wiedergefunden IV+VI+VII	IX. Verschwunden III − VIII	Bemerkung
I.	$7^h\ 20'$	36·58	29·71	6·87	0·59	3·41	33·71	2·87	
II.	$7^h\ 45'$	52·06	35·89	16·17	0·94	5·12	41·95	10·11	Ductus 2^h unterbunden
III.	$8^h\ 20'$	51·20	35·24	15·96	3·23	5·42	43·89	7·31	
IV.	$8^h\ 45'$	53·45	35·72	17·73	3·36	5·94	45·02	8·43	
V.	9^h —	46·95	11·52	35·43	6·55	5·37	23·44	23·51	Ductus $1\frac{1}{2}^h$ fast vollständig gesperrt
VI.	$10^h\ 40'$	47·72	27·19	20·53	3·20	6·46	36·85	10·87	
VII.	$21^h\ 25'$	49·91	5·38	44·53	4·56	13·58	23·52	26·39	

Nach dieser Aufstellung bleibt die Menge der durch den Ductus geflossenen Fettsäuren weit hinter der im Verdauungscanal verarbeiteten zurück (verg. Spalte V und VII). Dies tritt, wie leicht erklärlich, in den Versuchen, bei denen die Verdauung am weitesten vorgeschritten ist, am deutlichsten hervor (Versuch VI und VII).

Das in den Faeces aufgefundene Fettsäurequantum ist in keiner Weise hinreichend, den Ausfall zu decken (Spalte VI), so dass sich, wie ein Vergleich der Werthe von Spalte VII und VIII lehrt, der Antheil des Ductus an der Resorption nur auf etwa ein Drittel der gesammten verdauten Fettsäuremenge berechnet, trotzdem dass wir unseren Berechnungen für die ganze Verdauungszeit einen Mittelwerth zu Grunde gelegt haben, der aus den Beobachtungen zur Zeit des maximalen Fettstromes im Chylus abgeleitet ist. Aber, selbst wenn wir statt des Durchschnittswerthes den maximalen beobachteten Werth statt 1·27 Procent in der Stunde 2·08 pro Stunde (s. Tab. III) genommen hätten, was nach den obigen Betrachtungen nicht berechtigt erscheint, würde immer noch in jedem Versuch ein Deficit bleiben.

Eine Bestätigung finden diese Resultate durch folgende Versuche:

II. Versuchsreihe.

Die Anordnung der Versuche war im Allgemeinen diese: Den Hunden wurde der Ductus thoracicus an der Einmündungsstelle in die Venen unter antiseptischen Maassregeln unterbunden. Nach 2 bis 3 Tagen wurden ihnen

Digitized by Google

nicht sehr grosse Mengen Fettsäuren zugleich mit 1 bis 2 Semmeln verabreicht, und diese Fütterung in Intervallen von 2 bis 3 Tagen wiederholt.

Im Befinden der Thiere zeigten sich nach der Unterbindung keine auffallenden Störungen. Nur traten bei Versuchsthier I Diarrhöen nach der ersten, bei II und III nach der letzten Fütterung auf. Hund IV blieb verschont davon. Der Tod stellte sich nicht von selbst ein ausser bei Hund III nach der spontanen Lösung der Ligatur eines grossen Gefässes.

Nach der Tödtung der Thiere wurde der Brustgang in seiner ganzen Länge bis zur Unterbindungsstelle frei gelegt und stets die gelungene Unterbindung durch Injectionsversuche festgestellt. Es zeigten sich keine weiteren anatomischen Veränderungen als kolossale Anschwellung der peripheren Lymphdrüsen, der mesenterialen und der Hals- und Arm-Lymphdrüsen der linken Körperhälfte. Der Ductus selbst war leicht erweitert und mit einer geronnenen milchig weissen Masse erfüllt. Die Anfänge der Lymphgefässe waren gleichfalls milchig weiss injicirt.

Der Magen-, Dünndarm- und Dickdarminhalt, mit dem die während der ganzen Versuchsdauer sorgfältig gesammelten Faeces vereinigt worden waren, wurden auf dieselbe Weise behandelt, wie in der ersten Versuchsreihe. Dazu gelangten noch mehrere Blutproben, der Carotis entnommen, zur chemischen Untersuchung.

Hund I.

12 Kilo schwer. Bei diesem Versuche kamen einige Unregelmässigkeiten vor. Der Hund nahm nur höchst widerwillig die dargereichten Fettsäuren, so dass bei der theilweise durch Einstopfen bewerkstelligten Fütterung, Futtertheile versprengt wurden und eine genaue quantitative Bestimmung der Futtermengen verhindert wurde. Ausserdem konnte der nach der ersten Fütterung aufgetretene diarrhoeische Koth nicht gesammelt werden. Doch lassen sich die Versuchsresultate sicher für die daraus gezogenen Folgerungen verwerthen.

4 Tage nach der Ductus-Unterbindung wurde der Hund mit 30 ^{grm} Fettsäuren gefüttert. 5 Stunden 45 Min. nach der Fütterung wurden aus der Carotis 36·0 ^{ccm} Blut genommen (Blut Ia der nachfolgenden Tabelle). Nach weiteren 3 Tagen Fütterung mit 23 ^{grm} Fettsäuren. 5 Std. 45 Min. nach der Fütterung Entnahme von 27·0 ^{ccm} Blut (Blut Ib). Wiederum 3 Tage später wurde die Fütterung mit 20 ^{grm} Fettsäuren durch die Schlundsonde versucht. Der Versuch misslang, nur ein Theil der Fettsäuren gelangte in den Magen. 6 Stunden später wurde das Thier getödtet. Der Ductus thoracicus war während 11 Tagen unterbunden. Im Magen fanden sich noch 2·69 ^{grm}, im Dünndarm 0·40 ^{grm}, in den Faeces 1·94 ^{grm} Fettsäuren.

Hund II.

22$^1/_2$ Kilo schwer. Nach Unterbindung des Ductus wurden in einem Zeitraum von 8 Tagen 138·3 ^{grm} Fettsäuren in 3 Intervallen verabreicht.

Digitized by Google

Das letzte Futter enthielt 62·5 Fettsäuren. 39 Stunden nach dieser Fütterung wurde das Thier getödtet, dabei 86·7 ccm Blut aus der Carotis entnommen (Blut II). Der Ductus war insgesammt 13 Tage unterbunden. Im Magen 0·32 grm, im Dünndarm 2·21 grm, in den Faeces 29·62 grm Fettsäuren.

Hund III.

14 Kilo schwer. 3 Tage nach der Unterbindung des Ductus Fütterung mit 33·9 grm Fettsäuren. 24 Stunden nach der Fütterung starb der Hund an Verblutung. Im Magen fanden sich noch 6·71 grm, im Dünndarm 5·50 grm, in den Faeces 8·56 grm Fettsäuren.

Hund IV.

10 Kilo schwer. 5 Tage nach der Unterbindung des Ductus-thoracicus wird mit der Fütterung der Fettsäuren begonnen, deren Menge in 6 Tagen 124·6 grm beträgt. Die letzte Fütterung wird mit 34·3 grm ausgeführt. 16 Stunden 30 Min. danach wird das Thier getödtet und dabei aus der Carotis 270·0 ccm Blut entleert (Blut IV). Der Ductus war im Ganzen 13 Tage unterbunden. Im Magen 8·47 grm, im Dünndarm 3·04 grm, in den Faeces 9·46 grm Fettsäuren.

Ausserdem wurde einem Hund, der mit 41·7 grm Fettsäuren gefüttert worden war, 6 Stunden 35 Minuten nach der Fütterung 27·0 ccm Blut aus der Carotis entnommen (Blut V). Der Ductus war bei diesem Hunde nicht unterbunden.

Folgende Tabelle fasst die Resultate zusammen:

Tabelle V.

I. Versuchs-Nr.	II. Gewicht des Thieres	III. Tod nach der letzten Fütterung	IV. Fettsäuren im Futter	V. Fett im Magen	VI. Fett im Dünndarm	VII. Fett in den Faeces	VIII. Wiedergefunden	IX. Verschwunden	
I.	12	6h	53	2·69	0·40	1·94	5·03	45	Diarrhöen
II.	22½	39h	138·3	0·32	2·21	29·62	32·05	106	
III.	14	24h	33·9	6·71	5·50	8·56	20·77	13	
IV.	10	6h 35′	124·6	8·47	3·04	9·46	20·97	104½	

Diese Versuche zeigen auf's Deutlichste, dass auch bei Ausschaltung des Brustganges eine Resorption der Fettsäuren, und zwar in bedeutendem Maasse stattfindet. Da aber die Ausschaltung keine wesentlichen Störungen im Organismus hervorruft, da die resorbirten Mengen ganz beträchtliche sind, nur die Verdauungszeit vielleicht etwas verzögert (Versuch II und III), die Ausnützung etwas schlechter als gewöhnlich ist (Versuch II und III), so bestätigen sich die obigen Schlussfolgerungen, dass auch unter physio-

Digitized by Google

logischen Verhältnissen der Chylusstrom nur den kleineren Theil der resorbirten Fettsäuren mit sich führt.

Zur Lösung der Frage: auf welchem anderen Wege die Fettsäuren aus dem Dünndarm verschwinden, habe ich, wie erwähnt, eine Reihe von Blutanalysen ausgeführt. Ich ordne die Resultate derselben tabellarisch, die letzten Spalten der Tabelle geben die procentischen Verhältnisse an.

Tabelle VI (Blutanalysen).

Versuchs-Nr.	Blutentnahme nach letzter Fütterung	Fettsäuren der letzten Fütterung in grm	Blutmenge in ccm	Neutralfette in grm	Lecithin in grm	Cholesterin in grm	Seifen in grm	Neutralfett in Procent	Lecithin in Procent	Cholesterin in Procent	Seifen in Procent
Ia	5h 45′	30	36·0	0·1180	0·1296	0·0785	0·0020	0·300	0·360	0·218	0·005
Ib	5h 45′	23	27·0	0·0520	0·0585	0·0575	nicht bestimmt	0·192	0·217	0·213	—
II.	39h	62	86·7	0·3442	0·3151	0·1112	0·0040	0·397	0·363	0·128	0·005
IV.	16h 30′	34	270·0	0·5573	0·5079	0·2041	0·0088	0·206	0·188	0·076	0·003
V.[1]	6h 35′	42	27·0	0·0766	0·0625	0·0381	0·0013	0·284	0·231	0·141	0·005

Aus diesen Resultaten der Blutanalyse kann ich bis jetzt nichts für die Resorption folgern, da eine genügende Anzahl von Blutanalysen bei hungernden Hunden noch nicht vorliegt, wenigstens von solchen, die alle Bestandtheile des Aetherextracts berücksichtigen, und da nur durch derartige eine Aufklärung gewonnen werden kann, denn Fette, Cholesterin und Lecithin nehmen an der Zusammensetzung des Aetherextractes gleich wesentlichen Antheil. Es kann also für das Blut durchaus nicht Aetherextract gleich Fett gesetzt werden. Vorläufig gebe ich daher diese Analysen als möglichst sorgfältig nach genau beschriebenen Methoden ausgeführt, die alle für die Beurtheilung ihrer Resultate wichtigen Verhältnisse berücksichtigen, ohne weiteren Commentar. Nur auf die zwar äusserst geringen, aber sicher nachgewiesenen Seifen und auf das gleichzeitige Fallen und Steigen der Fett- und Lecithinwerthe möchte ich aufmerksam machen. Hinzufügen will ich noch, dass der Aetherextract der Blutproben stets nicht unbeträchtlich sauer reagirte, ohne dass ich diese Eigenschaft auf einen bestimmten Stoff beziehen kann. Speciell kann ich dadurch den Beweis für das Vorkommen freier Fettsäuren im Blut nicht erbracht sehen.

Es ist mir also bis jetzt nicht gelungen, neben dem Ductus thoracicus einen weiteren Abzugsweg für die Fettsäuren nachzuweisen. Dass mehrere

[1] Ductus nicht unterbunden.

Digitized by Google

Möglichkeiten, das Verschwinden der Fettsäuren zu erklären, vorliegen, kann doch nicht bestritten werden. Man könnte etwa daran denken, dass eine Oxydation derselben schon in den Dünndarmzellen u. s. w. stattfände. Doch muss selbstverständlich eine weitere Untersuchung zuerst die Zusammensetzung des Blutes nach Fettsäurefütterung genauer zu ermitteln suchen, ehe an die directe Prüfung einer derartigen Hypothese gedacht werden kann.

Zur Methode.

Zur Darstellung der verfütterten Fettsäuren wurde Schweineschmalz verwandt. Das Fett wurde theils so verseift, dass es in 96 Procent alkoholischer Lösung mit alkoholischer Natronlauge — einer Lösung von Stangen-Natron in 96 Procent Alkohol — Stunden lang am Rückflusskühler bis zur klaren Lösung gekocht, theils bequemer mit der berechneten Menge Natriumalkoholat kurze Zeit bei circa 80° in offener Schale digerirt wurde. Die Seife löste ich dann in grossen Mengen Wasser, verjagte den Alkohol durch heftiges stundenlanges Kochen und setzte zu der klaren Seifenlösung Mineralsäure — HCl oder H_2SO_4 — bis zur völligen Abscheidung der Fettsäuren. Diese wurden auf Witt'schem Filter mit Wasser gewaschen, dann mit leicht angesäuertem Wasser bei mässiger Temperatur so lange auf dem Wasserbad digerirt, bis die oben schwimmende Fettsäureschicht ganz klar durchsichtig geworden war. Sie wurde nach dem Erkalten abgehoben, sorgfältig mit Wasser gewaschen und zwischen Fliesspapier getrocknet.

In einigen Versuchen fällte ich die Fettsäuren mit Weinsäure, statt mit Mineralsäure. Es schien mir, als ob die so dargestellten Fettsäuren von den Hunden lieber genommen wurden als die mit Mineralsäure abgeschiedenen.

Für die Untersuchung war es von grosser Wichtigkeit, dass die verfütterten Fettsäuren frei von Neutralfett waren, die Verseifung des Fettes musste also eine vollständige gewesen sein. Als Kriterium für die vollständige Verseifung wurde bis jetzt stets die klare Löslichkeit der Alkaliseife in Wasser angesehen. Dies scheint nicht ganz stichhaltig, da ja Fette sich in Seifen lösen. Um sicher zu gehen, verwandelte ich die Seifen durch Fällen mit Chlorcalciumlösung in die Kalkseifen, trocknete sie bei circa 60° und extrahirte sie mit Aether. Dabei ergab sich nun die überraschende Thatsache, dass in den Aether stets eine geringe Menge einer dick-öligen, leicht gelb gefärbten Substanz übergeht, die sich nach eingehenderen Untersuchungen, über die ich später näher zu berichten gedenke,

Digitized by Google

als ein von Neutralfett freies Gemisch von Fettsäuren erwies. Hiernach verläuft die Verseifung nach den oben angeführten Methoden quantitativ: die verfütterten Fettsäuren waren fettfrei.

Ich gehe zur Beschreibung der von mir angewendeten analytischen Methoden über. Stets wurden die untersuchten Objecte, Darmcontenta, Chylus und Blut vor ihrer Extraction mit Aether zuerst mit 96 procent., dann mit absolutem Alkohol behandelt. Der Magendarmtractus wurde an der Cardia, dem Pylorus, der Bauhin'schen Klappe und möglichst tief am Rectum doppelt unterbunden, die einzelnen Abschnitte mit 96 procent. Alkohol gefüllt, der Alkohol mehrmals durchgespült, dann nach dem Aufschneiden die zurückgebliebenen Theile sorgfältig abgeschwemmt und wenn nöthig mechanisch entfernt. Chylus und Blut, das letztere durch Zusatz von oxalsaurem Ammoniak der spontanen Gerinnungsfähigkeit beraubt, wurden vorsichtig mit absolutem Alkohol coagulirt. Nachdem die Behandlung mit Alkohol in allen Fällen mehrmals wiederholt worden war, extrahirte ich den unlöslich gebliebenen Rückstand mit Aether im Soxhlet'schen Extractor 2 bis 3 Tage lang. Die Faeces waren vor der Alkoholerschöpfung angesäuert worden zur Abscheidung der als Kalk- bezw. Magnesiaseifen in denselben enthaltenen Fettsäuren. Sie wurden stets im Ganzen extrahirt. Nachdem ich den alkoholischen Extract auf dem Wasserbad bei gelinder Wärme eingedampft hatte, zog ich den Rückstand ebenfalls völlig mit Aether aus. Dann vereinigte ich die aetherischen Extracte, filtrirte und befreite dieselben nach Abdestilliren des Aethers durch Erwärmen auf dem Wasserbade und Durchleiten eines lebhaften trockenen Kohlensäurestromes durch das Erlenmeyer-Kölbchen, in dem ich sie gesammelt hatte, von den letzten Resten Aether, Alkohol und Wasser. Ich möchte hier auf die Zweckmässigkeit, ja Nothwendigkeit dieser schon von Gottlieb bei seinen Untersuchungen über die Oelsäure angewendeten Methode, die Fette zu trocknen, hinweisen. Bei niedrigerer Temperatur wird der Extract nicht völlig trocken und ein Erhitzen auf Temperaturen über 100° bei Luftzutritt, wie es öfter angewandt wird, führt eine Zersetzung der in dem Auszug enthaltenen Oelsäure, des Oleïns und Lecithins herbei. Weiter scheint mir der Umstand sehr beachtenswerth, dass in den ersten Aetherextract meist Substanzen übergehen, die nach vollständiger Trocknung desselben nicht wieder von Aether aufgenommen werden. Ich löste deshalb stets den zuerst erhaltenen Aetherextract wieder auf und filtrirte von den unlöslich gewordenen Substanzen ab. Dies Verfahren musste in einigen Fällen, besonders bei den Faeces mehrmals wiederholt werden. Ich erhielt beispielsweise in einem Falle aus dem Faecesextract als einen nach dem Trocknen nicht wieder in aetherische Lösung gegangenen Körper circa $^1/_2$ grm ohne weitere Behandlung rein weisse krystallisirte Cholalsäure.

Digitized by Google

Bei dem aetherischen Auszug des Blutes wurde eine Trennung der Bestandtheile desselben, der etwaigen freien Fettsäuren, der Fette, des Lecithins und Cholesterins vorgenommen. Ich verfuhr dabei folgendermaassen:

Der Extract wurde in absolut alkoholischer Lösung mit wasserfreiem, gepulvertem kohlensaurem Kalium so lange am Rückflusskühler gekocht, bis keine Kohlensäure mehr entwich. Dadurch werden die freien Fettsäuren in Seifen verwandelt, das Lecithin zersetzt und die in ihm enthaltenen Fettsäuren gleichfalls an das Alkali gebunden. Die alkoholische Lösung filtrirte ich schnell von dem unzersetzt gebliebenen kohlensauren Kalium ab, dampfte sie auf dem Wasserbad bei gelinder Wärme ein und extrahirte mit Aether. Hierbei bleiben die Seifen ungelöst. Sie wurden nach dem Abfiltriren des Aethers in Wasser gelöst, angesäuert, mit Aether ausgeschüttelt, und so die freien Fettsäuren plus Lecithin-Fettsäuren bestimmt. Der aetherische Extract der Seifen stellt die Summe von Cholesterin und Neutralfett dar. Zu ihrer Trennung wurde mit überschüssigem Natriumalkoholat verseift, die alkoholische Seifenlösung eingedampft und mit Aether erschöpft. Der Rückstand der aetherischen Lösung wurde als Cholesterin gewogen, während aus den Seifen die Fettsäuren der Neutralfette ausgeschieden und durch Multiplication ihres Gewichtes mit dem Factor 1·04, dem Verhältniss des Tristearin zu der in ihm enthaltenen Stearinsäure, als Neutralfette in Rechnung gebracht wurden.

Abgesehen von anderen Ungenauigkeiten der Analyse, liefert die Bestimmung des Cholesterins stets etwas zu hohe Werthe, theils wegen der Löslichkeit des ölsauren Natrons, theils wegen der Abspaltung von Fettsäuren aus den Natronseifen, analog dem oben geschilderten Vorgang. Dafür, dass diese Säureabspaltung auch hier eintritt, spricht, dass das aus den Seifen, die wegen des Ueberschusses von Natriumalkoholat stark alkalisch reagiren, extrahirte Cholesterin Alkanna in ätherisch-alkoholischer Lösung röthet, also mit Fettsäuren verunreinigt ist.

Das Lecithin bestimmte ich aus dem Phosphorgehalt des Aetherextractes und zwar, wenn genügende Substanzmengen vorhanden waren, in einem aliquoten Theil des Extractes, sonst in den sorgfältig gesammelten bei der mehrfachen Aetherbehandlung zurückgebliebenen Producten der obigen analytischen Reactionen. Ich veraschte durch Glühen mit einer Mischung von kohlensaurem und salpetersaurem Natron, fällte aus der Lösung der Schmelze die Phosphorsäure als Phosphor-Molybdänsäure und wog sie nach Umwandlung in Phosphorsäure-Ammoniak-Magnesia, Glühen derselben als pyrophosphorsaure Magnesia. Aus dem Gewichte der letzteren berechnete ich durch Multiplication mit dem in Hoppe-Seyler, Handbuch der Analyse, gegebenen Factor 7·2703 das Lecithin als Di-Stearyl-Lecithin.

Digitized by Google

Die Bestimmung der Alkaliseifen führte ich in der Weise aus, dass ich den in Aether unlöslich gebliebenen Theil des alkoholischen Extractes der Darmcontenta, sowie die nach der Trocknung in Aether unlöslich gewordenen Substanzen, die die Alkaliseifen enthalten mussten, in Wasser suspendirte, zur Prüfung der vollständigen Erschöpfung nochmals mit Aether ausschüttelte, dann ansäuerte und mit Aether die in den Seifen enthaltenen Fettsäuren auszog.

Die Methoden folgen im Wesentlichen den von Hoppe-Seyler gegebenen Vorschriften.

Digitized by Google

Ueber den Einfluss von Säure und Alkali auf defibrinirtes Blut.

Von

H. J. Hamburger
in Utrecht.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Reichsthierarzneischule zu Utrecht.)

In dem Aufsatze „Ueber den Einfluss der Athmung auf die Permeabilität der rothen Blutkörperchen“[1] wurde nachgewiesen, dass die CO_2 im Stande ist die Permeabilität der rothen Blutkörperchen zu ändern. Es sei gestattet, hier die damals erhaltenen Resultate zu wiederholen:

1. Durch die Einwirkung der CO_2 auf defibrinirtes Blut wird die Permeabilität der rothen Blutkörperchen geändert. In Folge dessen findet eine Auswechslung zwischen den Bestandtheilen der Blutkörperchen und des Serums statt.

2. Bei dieser bedeutenden Auswechslung von Bestandtheilen bleibt die osmotische Spannung der Blutkörperchen und des Serums unverändert.

3. Die Permeabilitätsänderung, welche die Blutkörperchen durch die Einwirkung der CO_2 erhalten, ist nicht eine bleibende; denn die ursprüngliche Permeabilität stellt sich wieder vollkommen her durch Einwirkung indifferenter Gase; z. B. von Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff.

4. Die mit CO_2 behandelten Blutkörperchen folgen bezüglich des Austretens von Farbstoff durch Salzlösungen, trotz ihrer veränderten Permeabilität, den Gesetzen der isotonischen Coëfficienten.[2]

Nach diesen Versuchen muss man der CO_2 eine grössere Bedeutung für den Stoffwechsel zuerkennen als man bisher that. Denn wenn die CO_2

[1] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XXVIII. Neue Folge. X. 1892. S. 405.

[2] Vergl. in *diesem Archiv.* 1886. S. 476.

Digitized by Google

das Blutkörperchen venös macht, verändert sie dessen Permeabilität, wodurch eine Auswechslung zwischen den Bestandtheilen der Blutkörperchen und des umgebenden Serums stattfindet. Auf diese Weise können Stoffe, welche sich vorher in den Geweben befanden und nachher durch Zellenfunction [1] der Capillargefässwandungen, vielleicht auch theilweise durch rein osmotische Wirkung in das Plasma gelangt waren, in die Blutkörperchen aufgenommen werden.

Auf diese Weise wird eine grosse Zahl von Stoffen mit den Blutkörperchen nach den Lungen geführt, woselbst sie nun oxydirt werden können. Es versteht sich von selbst, dass die Bedingungen für die Oxydation in den Blutkörperchen günstiger sind als im Plasma, und man könnte sich vorstellen, dass es Stoffe giebt, welche sich wohl in den Blutkörperchen, aber nicht im Plasma oxydiren lassen.

Wir werden hier nicht weiter auf die Bedeutung der CO_2 eingehen, sondern verweisen auf den erwähnten Aufsatz,[2] wo wir zur Schlussfolgerung gelangten, dass durch die beschriebenen Untersuchungen ein neuer Factor an's Licht gekommen ist, welcher qualitativ und quantitativ auf den Stoffwechsel einwirkt.

Wir haben uns hier die Frage vorgelegt, ob die genannte Wirkung der CO_2 auf einer specifischen Eigenschaft dieses Gases beruht, oder ob die CO_2 sich verhält wie eine gewöhnliche Säure; mit anderen Worten, ob das Vermögen, die Permeabilität der rothen Blutkörperchen zu modificiren, auch bei anderen Säuren zu beobachten sei.

a) Einfluss von Säuren auf defibrinirtes Blut.

Um den Einfluss von Säuren auf defibrinirtes Blut zu untersuchen, mischen wir Serum mit verdünnter Schwefelsäure, versetzen die Flüssigkeit mit rothen Blutkörperchen und lassen dieselben sich zu Boden senken. Von den gesenkten Blutkörperchen werden sodann ein paar Tropfen auf die gewöhnliche Weise versetzt mit NaCl-Lösungen von verschiedenen Concentrationen und neben dieser Reihe eine gleichartige mit Blutkörperchen, welche der Einwirkung des mit Schwefelsäure vermischten Serums nicht ausgesetzt waren. Und was stellt sich jetzt heraus? Dass die mit Säure behandelten Blutkörperchen eine stärkere NaCl-Solution zum Festhalten

---

[1] Ueber die Regelung der Blutbestandtheile u. s. w., *Zeitschrift für Biologie*. Bd. 27. 1890; weiter R. Heidenhain, Pflüger's *Archiv*. Bd. XLIX. Heft 5 und 6. S. 280.

[2] *Zeitschrift für Biologie*. Bd. 28.

Digitized by Google

ihres Farbstoffes brauchten als die ursprünglichen Blutkörperchen. Ein Resultat vollkommen gleich dem, was wir bei der CO_2 fanden.

Die folgende Versuchsreihe bringt das genannte Resultat an's Licht.

Es wurden fünf Portionen defibrinirten Pferdeblutes von 100 ccm abgemessen und sich selbst überlassen. Nachdem die Blutkörperchen sich gesenkt hatten, wurden von jeder der fünf Quantitäten 100 ccm abgehoben

Diese 100 ccm wurden bezw. vermischt:

A mit 10 ccm Wasser,
B „ 10 „ Normal-Schwefelsäure $^1/_{2\cdot5}$
C „ 10 „ „ „ $^1/_5$
D „ 10 „ „ „ $^1/_{10}$
E „ 10 „ „ „ $^1/_{20}$

Dann wurden die auf diese Weise erhaltenen Mischungen zu ihren Blutkörperchen hinzugefügt und mit diesen geschüttelt. Wieder senkten sich die Blutkörperchen und zwar in einer gelben Flüssigkeit, welche keine Spur von Haemoglobin zeigte. Dies war wohl der Fall, als 10 ccm Normal-Schwefelsäure $^1/_2$ und von stärkerer Concentration gebraucht wurde. Mit derartigen starken Lösungen, in welchen die Blutkörperchen Farbstoff verloren, stellte ich aber keine weiteren Versuche an.

Von *A*, *B*, *C*, *D* und *E* wurden die oberen Flüssigkeiten entfernt und die Blutkörperchen auf die gebräuchliche Weise mit Na Cl-Lösungen untersucht.

Um die Uebersicht der Versuche und Resultate zu erleichtern, diene die folgende Tabelle.

Tabelle I.

	Gr. Schwefelsäure auf 100 ccm Flüssigkeit (Blut)	Grenzen für das Austreten und Nicht-Austreten von Farbstoff
180 ccm Blut + 10 ccm Wasser	0	NaCl-Lösung von 0·57% u. 0·58%
180 „ „ + 10 „ $^1/_{2\cdot5}$ norm. H_2SO_4	0·1088	„ „ „ 0·72% „ 0·73%
180 „ „ + 10 „ $^1/_5$ „ „	0·0544	„ „ „ 0·67% „ 0·68%
180 „ „ + 10 „ $^1/_{10}$ „ „	0·0272	„ „ „ 0·61% „ 0·62%
180 „ „ + 10 „ $^1/_{20}$ „ „	0·0136	„ „ „ 0·58% „ 0·59%

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass der Einfluss von Schwefelsäure auf das Austreten von Farbstoff bedeutend ist, und noch deutlich merkbar, sogar wenn die Verdünnung ungefähr 1 auf 10000 beträgt. Bezugnehmend auf die Genauigkeit, mit welcher man den Farbstoffaustritt beobachten kann, meinte ich, bei der Anwendung von 10 ccm $^1/_{20}$ Normal-Schwefelsäure werde deren Einfluss auf die Blutkörperchen noch wohl ersichtlich sein. Dies war wirklich der Fall. Eine 0·57 procentige Na Cl-

Digitized by Google

Lösung konnte aus den mit dieser Säure behandelten Blutkörperchen noch keinen Farbstoff austreten lassen, was wohl der Fall war mit den Körperchen von Blut *A*. Hieraus folgt, dass, wenn das Blut versetzt wird mit 0·00168 Procent Schwefelsäure, der Einfluss auf die Blutkörperchen noch ersichtlich ist.

Es lag auf der Hand, dass die Verdünnung der Säure noch bedeutender sein könnte, wenn Salzsäure gebraucht wurde, deren Moleculargewicht so viel geringer ist als das der Schwefelsäure. Wir führten den hierauf bezüglichen Versuch später aus, lassen jedoch hier die Tabelle folgen.

Tabelle II.

	Gr. Salzsäure auf 100 ccm Flüssigkeit (Blut)	Grenzen für das Austreten und Nicht-Austreten von Farbstoff
A' 180 ccm Blut + 10 ccm Wasser	0	NaCl-Lösung von 0·66% u. 0·67%
B' 180 „ „ + 10 „ 1/20 norm. HCl	0·0101	„ „ „ 0·68% „ 0·69%
C' 180 „ „ + 10 „ 1/40 „ „	0·00505	„ „ „ 0·67% „ 0·68%
D' 180 „ „ + 10 „ 1/80 „ „	0·00252	„ „ „ 0·66% „ 0·67%

Aus dieser Tabelle stellt sich heraus, dass wenn man Blut mit 0·00252 Procent Salzsäure versetzt, deren Einfluss auf den Farbstoffaustritt aus den Blutkörperchen noch ersichtlich ist; eine Salzsäure-Verdünnung demnach von 1 auf $\frac{100}{0{\cdot}00252}$, das heisst von 1 auf 40 000 ungefähr.

Ebenso wie beim Studium über den Einfluss von CO_2 auf das Blut, wünschten wir auch hier zu erforschen, ob durch die Einwirkung von Schwefelsäure eine Auswechslung zwischen den Bestandtheilen der Blutkörperchen und des Serums stattfand. Zu diesem Zwecke wurden 50 ccm der serösen Flüssigkeit *A*, *B*, *C*, *D* und *E* (vergl. Tabelle I) in einem Schälchen eingedampft und wurde der Rückstand bei 110° getrocknet.

Das Residuum von *A* wog **4.126** grm,
„ „ „ *B* „ 4·484 „
„ „ „ *C* „ 4·277 „
„ „ „ *D* „ 4·156 „
„ „ „ *E* „ 4·130 „

Hieraus folgt, dass durch die Einwirkung verdünnter Schwefelsäure auf Blut, die Blutkörperchen dem Serum feste Stoffe abgeben. Durch Hinzufügung von 0·1088 Procent H_2SO_4 (siehe die zweite Reihe der Tabelle I) wird der Gehalt des Serums an festen Bestandtheilen um $\frac{4{\cdot}484-4{\cdot}126}{4{\cdot}126} \times 100 = 8{\cdot}67$ Procent gesteigert. Natürlich müssen diese grösstentheils Eiweissstoffe sein. Sogar Hinzufügung von 0·0136 Procent H_2SO_4 hat noch

Digitized by Google

Einfluss auf die Zusammensetzung des Serums und der Blutkörperchen; durch diese kleine Quantität Säure hat das Serum ja $\frac{4 \cdot 130 - 4 \cdot 126}{4 \cdot 126} \times 100 = 0 \cdot 1$ Procent an festen Bestandtheilen gewonnen auf Kosten der Blutkörperchen.

Ausser der Totalmenge der festen Bestandtheile wurde auch noch der Chlorgehalt der fünf genannten Flüssigkeiten bestimmt.

Zu diesem Zwecke wurden 25 ccm Serum verdünnt mit 200 ccm Wasser, das Gemisch in einem kochenden Wasserbade erhitzt und zu der heissen Flüssigkeit wurden vier Tropfen verdünnter Essigsäure hinzugefügt; dann wurde auf der Flamme gekocht, nachher abgekühlt und filtrirt. Das Filtrat war immer vollkommen klar.

Für die Chlorbestimmung wurden 100 ccm des Filtrates versetzt mit 10 ccm concentrirter HNO_3 und 20 ccm $^1/_{10}$ Normal-$AgNO_3$. Nach der Filtration des AgCl bestimmten wir das Uebermaass von $AgNO_3$ mit starker HNO_3, KCNS und ein paar Tropfen Ferrinitrat. Bei diesen Bestimmungen stellte sich heraus, dass

25 ccm	Flüssigkeit	*A*	verbraucht	hatten	23·4 ccm	$^1/_{10}$	norm.	$AgNO_3$,
25 „	„	*B*	„	„	21·95 „	„	„	„
25 „	„	*C*	„	„	22·6 „	„	„	„
25 „	„	*D*	„	„	22·9 „	„	„	„
25 „	„	*E*	„	„	23·1 „	„	„	„

Diese Zahlen lehren, dass durch die Einwirkung von Schwefelsäure auf Blut, das Serum Chlor an die Blutkörperchen abgegeben hat, und zwar destomehr, um so grösser die Säuremenge.

Durch die Einwirkung von 0·1088 Procent H_2SO_4 (vergl. die zweite Reihe von Tabelle I) hat das Serum $\frac{23 \cdot 4 - 21 \cdot 95}{23 \cdot 4} \times 100 = 6 \cdot 2$ Proc. seines Chlors an die Blutkörperchen abgegeben und unter dem Einflusse von 0·0136 Procent H_2SO_4 (*E*) beträgt der bewusste Chlorverlust noch $\frac{23 \cdot 4 - 23 \cdot 1}{23 \cdot 4} \times 100 = 1 \cdot 3$ Procent.

Auch beim Studium über den Einfluss von CO_2 auf das Blut fanden wir, dass die Totalmenge der festen Bestandtheile des Serums durch diese Säure vermehrt, der Chlorgehalt dagegen vermindert war. Wir können hier noch hinzufügen, dass spätere Versuche[1] uns gelehrt haben, dass durch die Einwirkung der Schwefelsäure auf das Blut der Phosphorsäuregehalt des Serums abnimmt, dass sich also die Phosphorsäure ähnlich verhält wie die Salzsäure.

---

[1] Siehe unten.

Digitized by Google

b) Einfluss von Alkali auf defibrinirtes Blut.

Es interessirte uns nun auch, den Einfluss von Alkali auf defibrinirtes Blut zu prüfen.

Die Versuche wurden auf die nämliche Weise angestellt wie oben. Um die vergleichende Uebersicht zu erleichtern, theilen wir hier eine Versuchsreihe mit, welche mit dem nämlichen Blute angestellt wurde, das auch angewandt wurde für die oben beschriebenen Versuche mit Schwefelsäure.

Ohne weitere Umschreibung können wir die mit KOH ausgeführten Experimente in der folgenden Tabelle zusammenfassen.

Tabelle III.

	Gr. KOH auf 100 ccm Flüssigkeit (Blut)	Grenzen für das Austreten und Nicht-Austreten von Farbstoff
A (180 ccm Blut + 10 ccm Wasser)	0	NaCl-Lösung von 0·57% u. 0·58%
B'' (180 „ „ + 10 „ $^1/_5$ norm. KOH)	0·0622	„ „ „ 0·51% „ 0·52%
C'' (180 „ „ + 10 „ $^1/_{10}$ „ „ „)	0·0311	„ „ „ 0·53% „ 0·54%
D'' (180 „ „ + 10 „ $^1/_{20}$ „ „ „)	0·0155	„ „ „ 0·55% „ 0·56%
E'' (180 „ „ + 10 „ $^1/_{40}$ „ „ „)	0·00775	„ „ „ 0·56% „ 0·57%

Aus dieser Tabelle stellt sich heraus, dass nach der Einwirkung von KOH auf das Blut, die Blutkörperchen in einer schwächeren NaCl-Lösung Farbstoffaustritt zeigen als die des ursprünglichen Blutes. Nach der Einwirkung von Säure war gerade das Gegentheil der Fall.

Im Gemische 180 ccm Blut + 10 ccm $^1/_{2\cdot5}$ normal KOH fingen die Blutkörperchen an Farbstoff zu verlieren. Darum wurde nur experimentirt mit KOH-Lösungen, welche eine geringere Concentration hatten als $^1/_{2\cdot5}$ der normalen. Wie aus der Tabelle III hervorgeht, war der Einfluss einer schwachen KOH-Lösung (*E*) noch deutlich merkbar. Nach Hinzufügung von 0·00775 Procent KOH (das ist 1 KOH auf 12900 Blut), weichen die in der dritten Reihe von Tabelle III genannten Grenzen noch von 0·57 und 0·58 ab.

Auch auf die Zusammensetzung des Serums hat das Alkali Einfluss. Es ist dies ersichtlich aus den folgenden Zahlen, welche die Menge der im Serum vorhandenen festen Bestandtheile angeben.

50 ccm Serum von *A* enthalten 4·126 gr feste Bestandtheile,
50 „ „ „ *B''* „ 4·0105 „ „ „
50 „ „ „ *C''* „ 4·052 „ „ „
50 „ „ „ *D''* „ 4·112 „ „ „
50 „ „ „ *E''* „ 4·118 „ „ „

Hieraus folgt, dass nach der Einwirkung von Alkali auf Blut der Gehalt des Serums an festen Bestandtheilen abgenommen hat auf Kosten

Digitized by Google

der Blutkörperchen. Auch zeigt sich das Umgekehrte von dem, was wir nach der Einwirkung von Säure fanden.

Das Letztere gilt auch für die Chlor- und Phosphorsäurebestimmungen.

Für das Chlor von 25 ccm Serum *A* wurden verbraucht 23·4 ccm $^1/_{10}$ norm. $AgNO_3$.

Für das Chlor von 25 ccm Serum *B″* wurden verbraucht 25·2 ccm $^1/_{10}$ norm. $AgNO_3$.

Für den Chlor von 25 ccm Serum *C″* wurden verbraucht 24·8 ccm $^1/_{10}$ norm. $AgNO_3$.

Für das Chlor von 25 ccm Serum *D″* wurden verbraucht 24·1 ccm $^1/_{10}$ norm. $AgNO_3$.

Für das Chlor von 25 ccm Serum *E″* wurden verbraucht 23·8 ccm $^1/_{10}$ norm. $AgNO_3$.

Nach der Einwirkung von Alkali auf Blut ist deshalb der Chlorgehalt des Serums vermehrt auf Kosten der Blutkörperchen.

Durch die Einwirkung von 0·0622 Procent Alkali steigt der Chlorgehalt $\frac{25\cdot2-23\cdot4}{23\cdot4} \times 100 = 7\cdot7$ Procent, welche Steigerung abnimmt mit der Verminderung des hinzugefügten Alkali's.

Zahlen für die Phosphorbestimmungen findet man unten.

Aus den beschriebenen Experimenten geht hervor:

1. dass Hinzufügung von Säuren und Alkalien bei Blut eine Auswechslung zwischen den Bestandtheilen von Serum und Blutkörperchen zur Folge hat;
2. dass Säuren und Alkalien eine entgegengesetzte Wirkung ausüben.

α Säure ändert die Blutkörperchen derart, dass dieselben in einer stärkeren NaCl-Lösung Farbstoff abgeben als vor der Einwirkung.

Alkali modificirt die Blutkörperchen derart, dass dieselben in einer schwächeren NaCl-Lösung Farbstoff abgeben als vor der Einwirkung.

β Säure steigert die Menge der festen Bestandtheile des Serums auf Kosten der Blutkörperchen. Unter den festen Bestandtheilen nimmt das Eiweiss die Hauptstelle ein.

Alkali setzt die Menge der festen Bestandtheile zum Vortheile der Blutkörperchen herab. Auch hier ist es hauptsächlich Eiweiss, das die genannte Herabsetzung herbeiführt.

γ Indem der Eiweissgehalt des Serums durch Säure steigt (siehe *β*), vermindert sich der Chlor- und Phosphorgehalt.

Alkali verursacht das Umgekehrte.

Vergleicht man diese Resultate mit denen, welche wir fanden bei der Einwirkung von CO_2 auf das Blut, so sieht man, dass das CO_2 sich als eine Säure verhielt.

Digitized by Google

c) Können die Aenderungen, welche unter dem Einfluss von Alkali in den Blutkörperchen und dem Serum des defibrinirten Blutes herbeigeführt worden sind, aufgehoben werden durch Neutralisation des hinzugefügten Alkali's und umgekehrt?

In unserem vorigen Aufsatz[1] beantworteten wir eine derartige Frage hinsichtlich der Kohlensäure. Wir legten uns dann die Frage vor: können die Veränderungen, welche die CO_2 herbeigeführt hat, aufgehoben werden durch Entfernung dieses Gases?

Wir hatten, um die CO_2 zu entfernen, lediglich ein indifferentes Gas durch das Blut hindurch zu leiten. Hier gestaltete sich die Sache so einfach nicht.

Um das hinzugefügte Alkali ausser Wirkung zu setzen, sollte es, unter den nöthigen Cautelen, genau neutralisirt werden. Mit der hinzugefügten Säure war das nämliche der Fall.

Fünf hohe Cylindergläser *A*, *B*, *C*, *D* und *E*, in deren jedem sich 180 ccm Blut befanden, wurden sich selbst überlassen.

Nach der Senkung der Blutkörperchen wurden 100 ccm Serum von *A* entfernt und dann versetzt mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-KOH + 10 ccm $^1/_{10}$ norm. H_2SO_4.

Auf die nämliche Weise wurden

100 ccm	Serum	von	*B*	versetzt	mit	10 ccm	$^1/_{10}$	Normal-KOH-Lösung,		
100 „	„	„	*C*	„	„	10 „	„	„	H_2SO_4	„
100 „	„	„	*D*	„	„	10 „	„	„	KOH	„
100 „	„	„	*E*	„	„	10 „	„	„	H_2SO_4	„

Nachdem die fünf Gemische mit den dazu gehörenden ± 80 ccm Blutkörperchen geschüttelt waren, wurde den Blutkörperchen wieder Gelegenheit gegeben, sich zu senken. 100 ccm der über den Blutkörperchen von *D* sich befindenden Flüssigkeit wurden mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-H_2SO_4 versetzt und 100 ccm der über den Blutkörperchen von *E* sich befindenden Flüssigkeit mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-KOH-Lösung. Dann wurden beide Gemische wieder mit ihren Blutkörperchen geschüttelt und zum Schluss wurden die Blutkörperchen von *A*, *B*, *C*, *D* und *E* mittels Na Cl-Lösungen untersucht.

Wir fassen die Versuche und Resultate in Tabelle IV zusammen.

---

[1] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. 28. S. 405.

Digitized by Google

Tabelle IV.

Versuch	Grenzen für das Austreten und Nicht-Austreten von Farbstoff aus den Blutkörperchen
A. 180 ccm Blut, versetzt mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-KOH und 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-H_2SO_4 . . .	NaCl 0·58 Proc. und 0·59 Proc
B. 180 ccm Blut, versetzt mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-KOH-Lösung	„ 0·53 „ „ 0·54 „
C. 180 ccm Blut, versetzt mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-H_2SO_4-Lösung	„ 0·66 „ „ 0·67 „
D. 180 ccm Blut werden erst versetzt mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-KOH (siehe *B*). Nach der Einwirkung dieses KOH werden 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-H_2SO_4 zur Sättigung hinzugefügt	„ 0·58 „ „ 0·59 „
E. 180 ccm Blut werden erst versetzt mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-H_2SO_4 (siehe *C*). Nach der Einwirkung dieses H_2SO_4 werden 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-KOH zur Sättigung hinzugefügt . .	„ 0·59 „ „ 0·60 „

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass wenn die Blutkörperchen mit Alkali behandelt sind, wodurch, wie aus den Resultaten von *A* und *B* deutlich ist, die Grenzen für das Austreten und Nicht-Austreten von Farbstoff herabgesetzt sind von 0·58 und 0·59 Procent bis 0·53 und 0·54, bei Hinzufügung einer aequivalenten Quantität Säure (siehe *D*) die Grenzen wieder zurückkehren zu 0·58 und 0·59 Procent. Behandelt man die Blutkörperchen mit Säure (siehe *C*), so steigen die Grenzen bis 0·66 uud 0·67 Procent, fallen aber wieder hinab bis 0·59 und 0·60, wenn dem Blute eine aequivalente Menge Alkali (siehe *E*) hinzugesetzt wird.

Bei der Einwirkung von Alkali und Säure auf die Blutkörperchen haben wir deshalb mit einem umkehrbaren Process zu thun. Das nämliche beobachteten wir früher bei der Einwirkung von CO_2. Die Umkehrbarkeit offenbarte sich damals nicht allein in dem Verhalten der Blutkörperchen, sondern auch in dem des Serums. Das Letztere war auch hier der Fall. Tabelle V beweist es.

Tabelle V.

Versuch	Gr. feste Bestandtheile in 50 ccm Serum	ccm $^1/_{10}$ norm. $AgNO_3$, verbraucht für das Chlor von 50 ccm Serum
A. 180 ccm Blut, versetzt mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-KOH und 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-H_2SO_4 . .	3·453	39·1
B. 180 ccm Blut, versetzt mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-KOH-Lösung + 10 ccm Wasser	3·301	41·9

Digitized by Google

Fortsetzung der Tabelle V.

Versuch	Gr. feste Bestandtheile in 50 ccm Serum	ccm 1/10 Normal-$AgNO_3$, verbraucht für das Chlor von 50 ccm Serum
C. 180 ccm Blut, versetzt mit 10 ccm 1/10 Norm.-H_2SO_4-Lösung + 10 ccm Wasser	3·484	38·05
D. 180 ccm Blut werden erst versetzt mit 10 ccm 1/10 Norm.-KOH (siehe *B*). Nach der Einwirkung dieser KOH werden 10 ccm 1/10 Norm.-H_2SO_4 zur Sättigung hinzugefügt .	3·452	39·2
E. 180 ccm Blut werden erst versetzt mit 10 ccm 1/10 Norm.-H_2SO_4 (s. *C*). Nach der Einwirkung dieses H_2SO_4 werden 10 ccm 1/10 Norm.-KOH zur Sättigung hinzugefügt .	3·456	38·95

Aus dieser Tabelle erhellt:

1. dass, wenn durch die Einwirkung von Alkali (*B*) der Gehalt des Serums an festen Bestandtheilen herabgesetzt ist, dieser Gehalt wieder zum ursprünglichen Werth zurückkehrt, wenn dem Blute die aequivalente Säuremenge hinzugefügt wird (*D*);

2. dass, wenn durch die Einwirkung von Säure (*C*) der Gehalt des Serums an festen Bestandtheilen gestiegen ist, dieser Gehalt wieder zum ursprünglichen Werth zurückkehrt, wenn dem Blute die aequivalente Alkalimenge hinzugefügt wird (*E*);

3. was für die totale Menge an festen Bestandtheilen gilt, ist auch bei den Chloriden zu beobachten, mit dem Unterschiede, dass durch die Einwirkung von Alkali auf das Blut der Chlorid-Gehalt des Serums steigt, aber der des totalen Quantums fester Bestandtheile abnimmt, während Säure den Chlorid-Gehalt des Serums herabsetzt, aber den Gehalt an festen Bestandtheilen vermehrt.

d) Findet bei der Einwirkung von Alkali oder Säure auf defibrinirtes Blut eine Auswechslung zwischen den Bestandtheilen von Blutkörperchen und Serum in isotonischem Verhältniss statt?

Die unter *a*) und *b*) beschriebenen Untersuchungen zeigten, dass nach der Einwirkung von Säuren und Alkalien, die Grenzen für das Austreten und Nicht-Austreten von Farbstoff aus den Blutkörperchen bedeutend differiren konnten von den bei den ursprünglichen Blutkörperchen beobachteten Grenzen. Weiter stellte sich heraus, dass eine nicht unbedeutende Wechs-

Digitized by Google

lung zwischen den Bestandtheilen von Blutkörperchen und Serum stattfand. Geschah diese Wechslung nun derart, dass das wasseranziehende Vermögen unverändert blieb? Wenn ja, so war dies auch mit den Blutkörperchen der Fall und der Einfluss von Säure und Alkali offenbarte sich nur in einer Aenderung der Permeabilität.

Das wasseranziehende Vermögen des Serums sollte darum bestimmt werden, und zwar ehe- und nachdem Alkali oder Säure auf das Blut eingewirkt hatten.

Bei dieser Bestimmung trat aber eine bedeutende Schwierigkeit ein. Unter normalen Umständen wird eine gewisse Quantität Serum mit verschiedenen Wassermengen verdünnt und werden zu den Gemischen einige Tropfen desselben Blutes hinzugefügt. Man untersucht dann, in welchem Gemische Blutfarbstoff auszutreten anfängt. Wünscht man nun das wasseranziehende Vermögen eines zweiten Serums mit dem des ersten zu vergleichen, so hat man nur zu prüfen, wie viel Wasser jetzt zu der nämlichen Quantität der ursprünglichen Flüssigkeit hinzugesetzt werden muss um das Austreten von ein wenig Farbstoff herbeizuführen. Hierbei ist es nothwendig, dass man für beide Reihen dieselben Blutkörperchen (denselben Indicator) anwendet. Gerade darin liegt die Schwierigkeit. Haben doch die Experimente unter *a*) und *b*) gelehrt, dass die Blutkörperchen in Säure und in Alkali bedeutende Aenderungen erfahren. Sobald man folglich die Blutkörperchen anwendet zur Bestimmung des wasseranziehenden Vermögens einer alkalischen Flüssigkeit, hat man nicht mehr mit dem nämlichen Indicator zu schaffen, mit welchem das wasseranziehende Vermögen einer sauren oder alkalischen Flüssigkeit bestimmt wurde.

Dieser Schwierigkeit war aber nicht schwer abzuhelfen. Das zweite Serum wurde mit soviel Säure versetzt, dass der Alkaligehalt wieder mit dem des ursprünglichen (erstgenannten) Serums übereinstimmte. Zwar wurde auf diese Weise das wasseranziehende Vermögen des zweiten Serums erhöht durch das gebildete Salz, aber diese Erhöhung war bekannt und konnte später abgezogen werden. Und was die Blutkörperchen als Indicator betrifft, da nun der Alkaligehalt des zweiten Serums wieder normal geworden war, so verhielten sie sich wie im ursprünglichen Serum. Hat ja doch die Vermehrung des Salzgehaltes einer Flüssigkeit, in welcher die Blutkörperchen einige Zeit verweilen, keinen Einfluss auf die Grenzen für das Austreten und Nicht-Austreten von Farbstoff in Na Cl-Lösungen.[1]

Es war erwünscht, eine scharfe Methode zur Bestimmung des Alkaligehaltes des Serums zu besitzen.

---

[1] Ueber die Permeabilität der rothen Blutkörperchen im Zusammenhang mit den isotonischen Coëfficienten. *Zeitschrift für Biologie.* Bd. 26. S. 414.

Digitized by Google

α) Bestimmung der Alkalescenz des Serums.

Was hat man unter Alkalescenz einer Flüssigkeit zu verstehen? Dies ist schwerlich mit einem einzelnen Worte zu sagen. Gewöhnlich drückt man die Alkalescenz aus, indem man die zur Sättigung einer bestimmten Quantität der alkalischen Flüssigkeit erförderliche Säuremenge angibt. Es ist aber schwer zu sagen, wann die Sättigung eingetreten ist. Man wendet hierzu Indicatoren an; aber es ist keineswegs indifferent, welchen Indicator man gebraucht. Mit anderen Worten, der eine Indicator wird eine Lösung schon für neutral erklären, welche durch einen anderen Indicator noch als alkalisch angegeben wird. So reagirt z. B. das Na_2HPO_4 neutral gegenüber Phenolphtalëin, aber gegenüber Lakmoïd stark alkalisch. Ja, man würde selbst so weit gehen können, mit Maly das Na_2HPO_4 sauer zu nennen, weil noch ein H darin vorhanden ist, welches durch ein Metall vertreten werden kann. Na_3PO_4 würde dann neutral sein. Diese Auffassung gesteht jedoch keine Unterscheidung der Basen und Säuren in starke und schwache zu. Und das ist gewiss eine Schwierigkeit. Wir wissen ja doch, dass z. B. die H_2SO_4 eine Säure von viel kräftigeren sauren Eigenschaften ist als das H_2CO_3, wenn sie auch beide Na_2 binden in Na_2SO_4 und in Na_2CO_3. Ist es nun wohl richtig, das Na_2CO_3 ein neutrales Salz zu nennen?

Es war ein glücklicher Gedanke von J. Thomsen, den Begriff „Avidität" einzuführen, welcher das Verhältniss der Anziehungen ausdrückt, welche verschiedene Säuren auf eine Base ausüben und welches Verhältniss gefunden wird, indem man eine Säure auf ein Salz einwirken lässt und untersucht wie die Base über die beiden Säuren vertheilt wird. Nahm er die Affinität von Salzsäure zu Na als Einheit an, so musste die Affinität von anderen Säuren zu Na vorgestellt werden durch einen Bruch, den er „Affinitäts-Coëfficient" nannte. Später fand Ostwald, dass die Affinitäts-Coëfficienten von zwei Säuren dieselben waren, unabhängig vom Metall, bezüglich dessen man dieselben bestimmte.

Schade, dass die Coëfficienten bis jetzt nur für ein-basische Säuren und für einige zwei-basische weniger bekannt sind. Sonst hätten wir mit Hilfe dieser Coëfficienten die Alkalescenz des Serums ausdrücken können. Wahrscheinlich wird die Bestimmung dieser Coëfficienten für Kohlensäure und Phosphorsäure, welche Coëfficienten man mehr speciell für das Serum braucht, nicht lange auf sich warten lassen, da Ostwald hervorgehoben hat, dass die Affinitäts-Coëfficienten auch bei anderen Erscheinungen (Reactions-Geschwindigkeit, u. d. m.) zu Tage treten und deshalb fundamentale Werthe repraesentiren. Mit den genannten Bestimmungen sind aber für zwei-basische Säuren und noch mehr für drei-basische keine unbedeutenden Schwierigkeiten verbunden. Es wird sich aber wohl der Mühe lohnen,

Digitized by Google

dieselben zu besiegen, weil man dann im Stande sein wird, die Alkalescenz genau in Zahlen auszudrücken.

Aber wenn wir auch diese Zahlen noch nicht besitzen, so können vergleichende Bestimmungen der sogenannten Alkalescenz der Physiologie von grossen Nutzen sein, wenn man sich nur vor Augen hält, was man unter Alkalescenz zu verstehen wünscht und man also weiss, was man eigentlich bestimmt.

Bei allen unseren Versuchen über die Bestimmung der Alkalescenz wurde erst das Eiweiss aus dem Serum entfernt. Hierzu standen verschiedene Salze zu Diensten. Die meisten erfordern aber Erhitzung, was nach der Erfahrung veschiedener Forscher zur Vermehrung des Alkaligehaltes Veranlassung giebt. Von den Salzen, welche in gesättigter Lösung die Eiweissstoffe schon bei gewöhnlicher Temperatur fällen, kommen Ammoniumsulfat und Kaliumacetat in Betracht. Beide aber wirken in der grossen Quantität, in welcher sie angewandt werden müssen, sehr nachtheilig auf die Empfindlichkeit der Indicatoren.

Bei Gegenwart von Ammoniumsulfat ist der Indicator Phenolphtaleïn sogar ganz unanwendbar. Ich kam auf den Gedanken, die Eiweissstoffe des Serums zu fällen mit dem doppelten Volum Alkohol von 95 Procent. Mit dieser Methode war ich anfangs sehr zufrieden. Das Filtrat war vollkommen klar und die Indicatoren wurden gar nicht in ihrer Empfindlichkeit geschädigt.

Ich titrirte das Filtrat mit zwei Indicatoren, einen Theil mit Lakmoïd und einen anderen Theil mit Phenolphtaleïn.

Die Titrirung mit Lakmoïd, einer blauen Flüssigkeit, angefertigt nach der Methode von Traub und Hock[1] geschah in folgender Weise.

Nachdem 25 ccm der alkoholischen Flüssigkeit mit sechs Tropfen Lakmoïdlösung versetzt waren, liess ich aus einer Bürette so lange $^1/_{20}$ Normal-Schwefelsäure tröpfeln, bis eine rothe Farbe ersichtlich war. Die Bestimmungen geschahen immer in weiten Reagircylindern von gleichem Durchschnitt. Ausserdem wandte ich für dieselbe Versuchsreihe immer gleiche Quantitäten Flüssigkeit an und setzte so viel H_2SO_4 hinzu, bis die Grenzreaction bei allen Versuchen eine gleiche Intensität besass.

Was sagte nun eigentlich das Erscheinen der rothen Farbe (Grenzreaction) aus? Dass die ganze in der Flüssigkeit vorhandene Na_2CO_3-Menge umgewandelt war in Na_2SO_4 und das ganze Na_2HPO_4 in NaH_2PO_4. Das Lakmoïd gewährt deshalb ein Mittel zur Bestimmung der gesammten Quantität Na_2CO_3, $NaHCO_3$ und Na_2HPO_4. Für CO_2 im gebundenen und im freien Zustande ist dieser Indicator unempfindlich.

Noch sei hier bemerkt, dass Hinzufügung von H_2SO_4 in Uebermaass

[1] *Bericht der Deutschen chem. Gesellschaft.* Bd. XVII. S. 2615.

Digitized by Google

und Titrirung der zurückgebliebenen H_2SO_4 mittels KOH das nämliche Resultat ergab. Erhitzung war nicht ohne Einfluss auf das Resultat, was der Thatsache zugeschrieben werden muss, dass die CO_2 im Stande ist, einen Theil der Na_2HPO_4 umzuwandeln in NaH_2PO_4. Das Letztere reagirt neutral gegenüber Lakmoïd, während Na_2HPO_4 mit diesem Indicator alkalisch reagirt. Kocht man nun, so geht wieder ein Theil der NaH_2PO_4 in Na_2HPO_4 über. Daher man denn auch nach Erhitzung der alkoholischen Flüssigkeit mehr H_2SO_4 braucht als vor der Erhitzung.

Die Titrirung mittels Phenolphtaleïn geschah auf die folgende Weise:

25 ccm der alkoholischen Flüssigkeit wurden vermischt mit vier Tropfen einer alkoholischen Phenolphtaleïnlösung. Die Flüssigkeit blieb gelb, reagirte folglich sauer gegenüber Phenolphtaleïn. Dann wurde die Flüssigkeit gekocht um das $NaHCO_3$ in Na_2CO_3 umzuwandeln und die übrige locker gebundene oder gelöste CO_2 zu vertreiben. Zuweilen wurde dann die Flüssigkeit ein wenig roth, weil die CO_2, welche gegenüber Phenolphtaleïn sauer reagirt, ausgetrieben war; gewöhnlich aber nicht, weil noch NaH_2PO_4 vorhanden war, welches gegenüber Phenolphtaleïn sauer reagirt. Die Quantität dieser Verbindung (NaH_2PO_4) konnte bestimmt werden, indem man so lange $^1/_{20}$ Normal-KOH hinzutröpfeln liess, bis die Flüssigkeit eine rothe Farbe bekam; mit anderen Worten, bis das NaH_2PO_4 sich umgewandelt hatte in Na_2HPO_4, welches gegenüber Phenolphtaleïn neutral reagirt, aber bei weiterer Hinzufügung schon von einer Spur Alkali erröthet.

Jetzt wurde zu der so erhaltenen Flüssigkeit $^1/_{20}$ Normal-H_2SO_4 in Uebermaass hinzugefügt und das Gemisch gekocht. Hierdurch wurde das Na_2CO_3 übergeführt in Na_2SO_4. Zu diesem Zwecke wurde H_2SO_4 verbraucht und die zurückgebliebene Quantität gab dies verbrauchte Volum H_2SO_4 an. Nach dem Kochen mit der hinzugefügten H_2SO_4 wurde noch einmal titrirt mit $^1/_{20}$ Normal-KOH.

Durch die beschriebenen Titrirungen mit Lakmoïd und mit Phenolphtaleïn bekommt man ein gutes Bild von den in der alkoholischen Flüssigkeit vorhandenen Salzen.

Durch Lakmoïd bestimmt man nämlich die gesammte Basenmenge in $NaHCO_3$, Na_2CO_3 und Na_2HPO_4. Durch Phenolphtaleïn findet man bei der ersten Titrirung das NaH_2PO_4 und bei der zweiten, das im Serum vorhandene Na_2CO_3 nebst der Quantität, welche durch Erhitzung aus dem $NaHCO_3$ entstand. Hieraus folgt, dass, wenn man die zur Austreibung der CO_2 aus Na_2CO_3 nöthige Menge H_2SO_4 kennt, durch Titrirung mittels Phenolphtaleïn und diese Quantität abzieht von der Quantität, welche verbraucht wurde für das $NaHCO_3$, Na_2CO_3 und Na_2HPO_4 (aus der Titrirung

Digitized by Google

mit Lakmoid ersichtlich), die Differenz angiebt, wie viel H_2SO_4 verbraucht ist für das Na_2HPO_4.

Durch Controlversuche habe ich mich vom Letzteren überzeugen können.

Betrachtet man die folgende Gleichung:

$2(Na_2HPO_4) + 2(NaOH) + 3(BaCl_2) = Ba_3(PO_4)_2 + 6(NaCl) + 2(H_2O)$

so sieht man, dass eine gewisse Quantität NaOH verbraucht wird zur Ueberführung des zwei-basischen Phosphats in das drei-basische. Wenn man dann auch zu einer bekannten Quantität einer Na_2HPO_4-Lösung, ein bekanntes Uebermaass von NaOH hinzufügt und eine willkürliche, genügende Menge $BaCl_2$, so ergiebt sich bei der Titrirung der so erhaltenen Flüssigkeit, dass sich jetzt weniger NaOH in der Flüssigkeit befindet als hinzugefügt war, dass deshalb NaOH verbraucht ist. Weil das Phosphat in der ursprünglichen Flüssigkeit ausschliesslich vorhanden war als Na_2HPO_4, konnte ich auf diesem Weg leicht die Menge dieser Stoffe aus dem Volum der verbrauchten NaOH-Lösung bestimmen. Die Titrirung geschah mittelst Phenolphtalein.

Der Gang der Analyse war folgender:

Das mittelst Alkohol vom Eiweiss befreite Serum wurde vermischt mit mit einigen Tropfen Phenolphtalein-Lösung. Dann wurde erhitzt. Trat jetzt eine rothe Farbe hervor, so durfte daraus geschlossen werden, dass kein NaH_2PO_4 vorhanden war; trat dagegegen die rothe Farbe nicht hervor, so wurden einige Tropfen einer $^1/_{20}$ Normal-KOH-Lösung hinzugefügt, bis alle NaH_2PO_4 umgesetzt war in Na_2HPO_4; was zu bemerken war an der Erscheinung der rothen Farbe. Die Menge der hinzugesetzten KOH-Lösung war dann ein Maass für die Quantität NaH_2PO_4.

Jetzt wurde H_2SO_4 in Uebermaass hinzugefügt und die Flüssigkeit gekocht; hierdurch ging das Na_2CO_3 über in Na_2SO_4. Die hierzu verbrauchte Quantität wurde bestimmt durch Titrirung des zurückgebliebenen H_2SO_4 mittelst KOH. Nach der Titrirung war die Flüssigkeit dann ein wenig roth durch das Tröpfchen KOH, welches im Uebermaass hinzugefügt werden musste, um zu zeigen, dass die freie H_2SO_4 gesättigt war.

Die ganze Menge Phosphat war nun als Na_2HPO_4 in der Flüssigkeit vorhanden und jetzt konnte eine bekannte Quantität NaOH und weiter $BaCl_2$ hinzugefügt werden. Nachdem dies geschehen war, wurde die Flüssigkeit filtrirt und titrirt und aus dem angewandten Volum NaOH die Quantität Na_2HPO_4 berechnet.

Ein Beispiel zur Erläuterung:

1. 50 ccm Serum werden verdünnt mit 100 ccm Alkohol von 95 Proc. vom klaren gelben Filtrat werden 50 ccm abgemessen mit einer Pipette und in einem grossen Reagircylinder gekocht. Dann werden acht Tropfen Lak-

Digitized by Google

moïd-Lösung hinzugefügt und nun liess ich so lange $^1/_{20}$ Normal-H_2SO_4-Lösung hinzutröpfeln, bis die Flüssigkeit eine rothe Farbe annahm. Hierzu wurden verbraucht 7·73 ccm $^1/_{20}$ Normal-H_2SO_4.

Diese hatten also gedient um das Na_2CO_3 umzuwandeln in Na_2SO_4 und das Na_2HPO_4 in NaH_2PO_4.

2. Jetzt wurden wieder 50 ccm der alkoholischen Flüssigkeit genommen, zehn Tropfen der Phenolphtaleïn-Lösung hinzugefügt und wurde das Gemisch gekocht. Um die rothe Farbe hervorzurufen, das heisst, um das vorhandene NaH_2PO_4 umzusetzen in Na_2HPO_4 wurden verbraucht 0·12 ccm $^1/_{20}$ Normal-H_2SO_4. Weiter liess ich 6 ccm $^1/_{20}$ Normal-H_2SO_4 hinzufliessen, erhitzte um die CO_2 zu vertreiben und titrirte das KOH, bis eine rothe Farbe hervortrat. Hierzu brauchte ich 1·37 ccm $^1/_{20}$ Normal-KOH. Es waren also verbraucht 6—1·37 = 4·63 ccm $^1/_{20}$ Normal-H_2SO_4.

3. Da nun, wie aus der Titrirung mit Lakmoïd hervorgeht, für das Na_2CO_3 und das Na_2HPO_4 verbraucht waren 7·73 ccm $^1/_{20}$ Normal-H_2SO_4 und, wie aus der hier unter 3. beschriebenen Titrirung sich ergiebt, 4·63 ccm für das Na_2CO_3, müssen also für das Na_2HPO_4 7·73—4·63 = 3·1 ccm verbraucht sein.

4. Um dies zu controliren, fügte ich zu der eben roth gefärbten Flüssigkeit (unter 3. erhalten) 5 ccm $^1/_{20}$ Normal-NaOH und 10 ccm $BaCl_2$-Lösung, filtrirte die 60 ccm Flüssigkeit und titrirte 50 ccm auf die gewöhnliche Weise mit Phenolphtaleïn und Schwefelsäure. Es wurde verbraucht 1·5 ccm $^1/_{20}$ Normal-H_2SO_4, das ist berechnet auf 68 ccm, 2·03 ccm; substrahirt man dies von 5 ccm, so erfolgt ein Verbrauch von 5—2·03 = 2·97 ccm $^1/_{20}$ Normal-NaOH. Dies ist also die Quantität $^1/_{20}$ Normal-NaOH, welche nöthig war, das Na_2HPO_4 umzuwandeln in NaH_2PO_4 (siehe die obige Gleichung). Diese Quantität stimmt gut überein mit der Säuremenge, welche erforderlich war, um das Na_2HPO_4 zu verwandeln in NaH_2PO_4 nl. 3·1.

Ein zweiter Versuch, mit 50 ccm des nämlichen Serums auf gleiche Weise ausgeführt, ergab die folgenden Resultate:

Für den Versuch unter 1. 7·69 ccm $^1/_{20}$ Normal-H_2SO_4,
" " " " 2. 0·13 " " "
" " " " 3. 4·68 " " "

woraus folgte, dass die Differenz eins und drei betrug 7·69—4·68 = 3·01, während beim Experiment unter vier gefunden wurde 2·92 ccm.

Die Zahlen des zweiten Versuches stimmen also gut überein mit denen des ersten.

Wie scharf die Titrirung mit Lakmoïd und Phenolphtaleïn in dem mittelst Alkohol vom Eiweiss freigemachten Serum auch sein möge, zu meinem Bedauern haben Controlversuche mich gelehrt, dass wenn man

Digitized by Google

erst den Alkaligehalt von Serum bestimmt und dann zu einer neuen Quantität desselben Serums eine bekannte Alkalimenge hinzufügt, und endlich den Alkaligehalt der also erhaltenen Flüssigkeit bestimmt, das hinzugesetzte Alkali nicht ganz wiedergefunden wird.

Zwar sind die Resultate constant, wenn man mit gleichen Quantitäten experimentirt, und zwar ergiebt sich, wenn man Serum mit einer geringen Quantität Alkali versetzt, bei der Titrirung mit Lakmoïd eine Vermehrung der Alkalescenz, aber die Totalmenge des hinzugefügten Alkali's wird nicht wiedergefunden. Zu den vergleichenden Bestimmungen des Alkaligehaltes kann man aber die Fällung mittelst Alkohol vortheilhaft gebrauchen, wenn man nur die relativen Quantitäten Alkohol gleich nimmt. Aus den Versuchen auf S. 535 stellt sich dies heraus.

Gilt das bemerkte Deficit nun allein für das hinzugefügte Alkali oder auch die Phosphorsäure? Das Letztere ist, wie sich aus meinen Versuchen ergeben hat, nicht der Fall.

Indessen beabsichtige ich, die Alkalibestimmung des Serums an einer anderweitigen Stelle eingehender zu behandeln. Für diese Untersuchung kommt mir das Gesagte als genügend vor.

β) Bestimmung des wasseranziehenden Vermögens alkalischer Flüssigkeiten.

Wie oben S. 523 bemerkt wurde, war es nicht zu erwarten, dass die Bestimmung des wasseranziehenden Vermögens alkalischer Flüssigkeiten ganz auf die gewöhnliche Weise stattfinden könne.

Die folgenden Versuche mögen dies zeigen.

a) 100 ccm Serum werden versetzt mit 20 ccm Wasser,
b) 100 „ „ „ „ „ 20 „ KOH ($^1/_{10}$ normal),
c) 100 „ „ „ „ „ 20 „ „ ($^1/_{20}$ „).

Von jeder der drei Mischungen werden neunmal 5 ccm abgemessen und diese mit 1, 1·25, 1·5, 1·75, 2, 2·25, 2·75, 3 und 3·25 Wasser verdünnt. Die Flüssigkeiten werden mit drei Tropfen des ursprünglichen defibrinirten Blutes versetzt.

Es stellt sich nun heraus, dass in *a*) ein wenig Farbstoff bei der Verdünnung von 5 ccm Serum mit 1·25 ccm Wasser hinausgetreten ist, aber nicht bei der Verdünnung mit 1 ccm Wasser; dass in *b*) ein wenig Farbstoff bei der Verdünnung von 5 ccm Serum mit 2·75 ccm Wasser hinausgetreten ist, aber nicht bei der Verdünnung mit 2·5 ccm Wasser; dass in *c*) ein wenig Farbstoff bei der Verdünnung von 5 ccm Serum mit 2·5 ccm hinausgetreten ist, aber nicht bei der Verdünnung mit 2·25 ccm Wasser.

Digitized by Google

Indem nun die Blutkörperchen des ursprünglichen Blutes Farbstoffaustritt zeigen in NaCl von 0·64 Procent, aber nicht in einer 0·65 procentigen NaCl-Lösung, so könnte man geneigt sein, aus den eben genannten Resultaten zu schliessen, Serum *a*) besitze ein wasseranziehendes Vermögen von:

$$\frac{5+1\cdot125}{5} \times 0\cdot645 \times \frac{101}{585} = 1\cdot34,$$

Serum *b*) ein wasseranziehendes Vermögen von:

$$\frac{5+2\cdot625}{5} \times 0\cdot645 \times \frac{101}{585} = 1\cdot67,$$

Serum *c*) ein wasseranziehendes Vermögen von:

$$\frac{5+2\cdot375}{5} \times 0\cdot645 \times \frac{101}{585} = 1\cdot62.$$

Können die grossen Differenzen im wasseranziehenden Vermögen des Serums *a*, *b* und *c* erklärt werden durch die wasseranziehende Kraft des in *b* und *c* hinzugefügten KOH?

Untersuchen wir, wie viel das wasseranziehende Vermögen des hinzugefügten KOH beträgt.

1 Liter $^1/_{10}$ Normal-KOH enthält 5·6 ^{grm} KOH; folglich enthalten 20^{ccm}, $\frac{20}{1000} \times 5\cdot6 = 0\cdot112$ ^{grm} KOH. Diese befinden sich in $(100+20)$ ^{ccm} Serum *b*. Dieses Serum enthält also $0\cdot112 \times \frac{100}{120} = 0\cdot0933$ Proc. KOH. Diese repraesentiren ein wasseranziehendes Vermögen von $0\cdot0933 \times \frac{101}{56} \times \frac{1}{3} = 0\cdot0501$ Procent KNO_3-Lösung (56 ist das Moleculargewicht von KOH, 101 das von KNO_3). Hieraus erhellt, dass im wasseranziehenden Vermögen von Serum *b* das KOH einen Antheil von 0·05 besitzt. In Serum *c* muss dieser nur 0·024 betragen. Diese beiden Zahlen können aber die Differenzen $1\cdot67-1\cdot34=0\cdot33$ und $1\cdot62-1\cdot34=0\cdot28$ nicht erklären. Schon im Anfang von Capitel *d* sprach ich die Vermuthung aus, dass die Bestimmung des wasseranziehenden Vermögens, wie diese soeben ausgeführt wurde, bei alkalischen Flüssigkeiten zu fehlerhaften Resultaten führen müsse. Die Ursache liegt in der Thatsache, dass die Blutkörperchen in den Gemischen von Serum *b* und in den von Serum *c* andere sind als in den Gemischen von Serum *a*; im Serum *b* stehen sie ja unter dem Einfluss eines höheren Alkaligehaltes als in Serum *a*. Und die Versuche unter *b* (s. S. 518) haben deutlich gezeigt, dass der Austritt von Farbstoff aus Blutkörperchen in hohem Maasse abhängig ist vom Alkaligehalt der Flüssigkeit, in welcher dieselben sich befinden oder befanden.

Dass im Vorhergehenden nun wirklich die Ursache der genannten Differenzen gelegen ist, werde ich auf zweierlei Weise zeigen.

Digitized by Google

1. Erst wurde die NaCl-Lösung angefertigt, welche isotonisch war mit dem ursprünglichen Serum. Von dieser 0·948 procentigen Lösung wurden, damit ich eine mit Serum *a* isotonische Flüssigkeit bekäme, 100 ccm versetzt mit 20 ccm Wasser. Für die Zubereitung der Flüssigkeiten, dem Serum *b* und *c* entsprechend, vermischte ich die 0·948 procentige Lösung mit 20 ccm $^1/_{10}$ und $^1/_{20}$ Normal-KOH-Lösung.

Nachdem wurden von den drei Flüssigkeiten neunmal 5 ccm abgemessen und verdünnt mit 1, 1·25, 1·5, 1·75, 2, 2·25, 2·5, 2·75, 3 und 3·25 ccm Wasser. Die Resultate waren den beim Serum *a*, *b* und *c* erhaltenen vollkommen gleich.

Bei der ersteren NaCl-Lösung trat Farbstoff aus im Gemische von 5 ccm der Solution + 1·25 ccm Wasser.

Bei der zweiten NaCl-Lösung (worin KOH) fand Farbstoffaustritt statt im Gemische von 5 ccm der Lösung + 2·75 ccm Wasser.

Bei der dritten NaCl-Lösung fand Farbstoffaustritt statt im Gemische von 5 ccm der Solution + 2·5 ccm Wasser.

2. Die zweite Methode, welche auch für die Bestimmung des wasseranziehenden Vermögens von Flüssigkeiten, in welchen sich Alkali befindet, angewandt werden kann, besteht darin, dass man das in *b* und *c* hinzugefügte Alkali mit einer aequivalenten Quantität Säure genau sättigt und dann das wasseranziehende Vermögen der Gemische bestimmt.

Ich versetzte deshalb 20 ccm Serum *b* mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-HCl und 50 ccm Serum *c* mit 10 ccm $^1/_{20}$ Normal-HCl und bestimmte dann, mit wieviel Wasser ich 5 ccm von beiden Gemischen zu verdünnen hatte, um Farbstoffaustritt aus den ursprünglichen Blutkörperchen hervorzurufen.

Es stellte sich heraus, dass 5 ccm Serum *b*, mit 0·75 ccm Wasser versetzt, Farbstoffaustritt verursacht; dass dagegen 5 ccm Serum *b* + 0·5 ccm Wasser, hierzu nicht im Stande war. Die bezw. Gemische für Serum *c* waren 5 ccm Serum *b* + 0·5 ccm Wasser und 5 ccm Serum *c* + 0·25 ccm Wasser.

Hieraus liess sich für das wasseranziehende Vermögen des Serums *b* berechnen:

$$\frac{5+0{\cdot}625}{5} \times \frac{0{\cdot}65+0{\cdot}64}{2} \times \frac{101}{58{\cdot}5} = 1{\cdot}25,$$

und für das von Serum *c*:

$$\frac{5+0{\cdot}875}{5} \times \frac{0{\cdot}65+0{\cdot}64}{2} \times \frac{101}{58{\cdot}5} = 1{\cdot}195.$$

Von den Zahlen 1·25 und 1·195 kommen jedoch gewisse Quantitäten auf Rechnung des durch KOH und HCl gebildeten Salzes. Für das KOH betrug diese nach der eben erwähnten Berechnung in Serum *b* 0·05 und

Digitized by Google

in Serum *c* 0·025. Für das mit HCl gebildete Salz steht dieser Betrag im Zusammenhang mit dem Gesetze der partiellen isotonischen Coëfficienten von de Vries $3 \times 0{\cdot}05 = 0{\cdot}15$ und $3 + 0{\cdot}025 = 0{\cdot}075$.

Die gefundenen Werthe des wasseranziehenden Vermögens müssen also werden $1{\cdot}25 - 0{\cdot}15 = 1{\cdot}1$ und $1{\cdot}195 - 0{\cdot}075 = 1{\cdot}12$.

Das wasseranziehende Vermögen des Serums *b* und *c* ist deshalb nach Abziehung des Antheils der KOH an HCl 1·1 und 1·12. Aber nun ist dem Umstande noch keine Rechnung getragen, dass die 50 ccm mit 10 ccm Flüssigkeit verdünnt waren; sodass eigentlich das wasseranziehende Vermögen von

$$\text{Serum } b \text{ wird } \frac{50+10}{50} \times 1{\cdot}1 = 1{\cdot}32,$$

und von Serum *c*, $\frac{50+10}{50} \times 1{\cdot}12 = 1{\cdot}34$, Zahlen, welche der für Serum *a* gefundenen (1·34) vollkommen entsprechen.

Jetzt können wir die unter *d* gestellte Frage lösen, die Frage nämlich, ob nach der Einwirkung von Säure oder Alkali auf das Blut, zwischen den Bestandtheilen von Blutkörperchen und Serum eine Auswechslung in isotonischen Verhältnissen stattfindet.

Zur Beantwortung dieser Frage wurden dreimal 180 ccm Blut abgemessen und sich selbst überlassen. Nach Entfernung des grössten Theils des obenstehenden klaren Serums wurde das letztere versetzt, bezw. mit 20 ccm $^1/_{10}$ Normal-KOH-Lösung und 20 ccm $^1/_{20}$ Normal-KOH-Solution. Dann wurden die drei auf diese Weise erhaltenen Gemische geschüttelt mit den dazu gehörenden Blutkörperchen und dieses Schütteln, nach Senkung der Blutkörperchen ein paar Male wiederholt. Also hatten die KOH-Lösungen Gelegenheit auf genügende Weise auf die Blutkörperchen einzuwirken.

Ich hatte die folgenden Gemische:

α 180 ccm Blut + 20 ccm Wasser,
β 180 „ „ + 20 „ $^1/_{10}$ Normal-KOH-Lösung,
γ 180 „ „ + 20 „ $^1/_{20}$ „ „

Bei diesen Gemischen wurde, nachdem die Blutkörperchen sich gesenkt hatten, das darüber stehende Serum entfernt. War nun wirklich trotz der bedeutenden Auswechslung zwischen den Bestandtheilen von Blutkörperchen und Serum, wie diese unter *b* sich deutlich herausgestellt hat, das wasseranziehende Vermögen in *α*, *β* und *γ* von Blutkörperchen und Serum unverändert geblieben, so musste die Auswechslung stattgefunden haben in isotonischem Verhältnisse.

Um dies zu untersuchen, sollte das wasseranziehende Vermögen von Serum *α*, *β* und *γ* bestimmt werden. Dies konnte jedoch nur geschehen.

Digitized by Google

nachdem die Alkalescenz von Serum β und γ der von Serum α gleich gemacht war.

Die Methode, welche in erster Linie in Betracht kam, war: den Alkaligehalt des Serums α, β und γ zu bestimmen und dem Serum β und γ so viel Säure hinzuzufügen, dass der Alkaligehalt dem von Serum α gleich wurde. Aber wie wir oben zeigten, lässt die Genauigkeit der Methoden zur Bestimmung der absoluten Alkalimenge im Serum zu wünschen übrig. Wir mussten darum eine andere Methode anwenden.

Hierzu bereiteten wir Gemische von 5 ccm Serum β mit 0·3, 0·4, 0·5, 0·6, 0·7, 0·8, 0·9 und 1 ccm $^1/_{20}$ Normal-Schwefelsäure und fügten zwei Tropfen der gesenkten Blutkörperchen von Blut α hinzu. Nach Schütteln senkten sich die Blutkörperchen und wurden dann vermischt mit einer 0·65 procentigen NaCl-Lösung, der Flüssigkeit, in welcher die Blutkörperchen von Blut α Farbstoff zu verlieren anfingen. Es stellte sich nun heraus, dass das Letztere auch der Fall war mit den Blutkörperchen, welche verweilt hatten im Gemische: 5 ccm Serum β + 0·7 ccm $^1/_{20}$ Normal-Schwefelsäure. Hieraus folgte, dass die Alkalescenz dieses Gemisches der des Serums α gleich war. 50 ccm Serum β mussten also mit 7 ccm $^1/_{20}$ Normal-Schwefelsäure versetzt werden, um daran die Alkalescenz des Serums α herzustellen.

Auf die nämliche Weise wurde für 50 ccm Serum γ eine Quantität $^1/_{20}$ Normal-Schwefelsäure gefunden, welche zwischen 5 und 6 ccm gelegen war, deshalb 5·5 ccm.

Jetzt konnten wir das wasseranziehende Vermögen der drei Serumsorten von gleichgemachtem Alkaligehalte suchen.

Es stellte sich heraus, dass 5 ccm Serum α mit 2·5 ccm, 5 Serum β mit 1·625 und 5 ccm Serum γ mit 1·5 ccm Wasser verdünnt werden musste, um ein wenig Farbstoff austreten zu lassen. Dasselbe wurde herbeigeführt durch eine 0.65 procentige NaCl-Lösung.

Das Wasseranziehungsvermögen war also:

$$\text{von Serum } \alpha \quad \frac{5+2\cdot5}{5} \times 0\cdot65 \times \frac{101}{58\cdot5} = 1\cdot57,$$

$$\text{von Serum } \beta \quad \frac{5+1\cdot625}{5} \times 0\cdot65 \times \frac{101}{58\cdot5} = 1\cdot49,$$

$$\text{von Serum } \gamma \quad \frac{5+1\cdot5}{5} \times 0\cdot65 \times \frac{101}{58\cdot5} = 1\cdot46.$$

Aber 100 ccm Serum waren versetzt mit 14 ccm verdünnter Säure, wodurch das Volum 114 geworden war. Eigentlich war folglich das wasseranziehende Vermögen nicht 1·49, sondern $1\cdot49 \times \frac{114}{100} = 1\cdot698$.

Für das Serum γ wurde es durch dieselben Betrachtungen $1\cdot46 \times \frac{111}{100} = 1\cdot62$.

Digitized by Google

Zu diesem wasseranziehenden Vermögen hatte aber das Salz beigetragen, welches durch Hinzufügung verdünnter Säure entstand.

Untersuchen wir nun einmal, wie gross dieser Betrag für Serum β war. 14 ccm $^1/_{20}$ Normal-KOH enthalten 0·041 grm KOH. Diese sind gesättigt mit H_2SO_4. Das dadurch gebildete Salz repraesentirt ein wasseranziehendes Vermögen von:

$$0{\cdot}041 \times \frac{101}{58{\cdot}5} \times \frac{4}{3} \times \frac{100}{114} = 0{\cdot}08.$$

Diese Zahl war für Serum, nach derselben Berechnung, 0·066. Zieht man nun beide Zahlen ab von 1·69 und 1·62, so bleibt für das wasseranziehende Vermögen des Serums β, 1·69—0·08=**1·61** und von Serum γ, 1·62—0·066=**1·55**.

Diese Zahlen stimmen gut überein mit der des wasseranziehenden Vermögens von Serum α, namentlich **1·57**.

Indessen ist in diesen Resultaten noch ein Unterschied von 0·04 ersichtlich zwischen dem wasseranziehenden Vermögen von Serum α und Serum β, während mittelst unseres Versuchverfahrens noch Differenzen von **0·02** angezeigt werden können. Ich habe darum die Bestimmungen mit dem nämlichen Blute wiederholt. Die Berechnung werde ich nicht mittheilen, nur die Resultate.

Nach diesen Versuchen betrug:

das wasseranziehende Vermögen von Serum α **1·58**,
" " " " " β 1·61,
" " " " " γ 1·54.

Also ein entsprechendes Resultat.

Die Ursache für die geringe Abweichung von Serum β ist wahrscheinlich darin gelegen, dass für Versuch β die Alkalimenge ziemlich gross genommen ist (180 ccm Blut + 20 ccm $^1/_{20}$ Normal-Alkali). Das obenstehende Serum hatte eine schwach rothe Nüance, was nicht der Fall war mit Serum γ. Indessen kann man mit den Resultaten von Versuch β zufrieden sein, wenn man bedenkt, dass, während das Chlor von 100 ccm Serum α übereinstimmte mit 92·3 ccm $^1/_{10}$ Normal-$AgNO_3$, das Chlor von 100 ccm Serum β übereinstimmte mit 101·9 ccm $^1/_{10}$ Normal-$AgNO_3$ (vergl. auch die Chlorbestimmungen auf S. 533). Durch den Austritt von Chloriden aus den Blutkörperchen allein, sollte also das wasseranziehende Vermögen von Serum β 0·096 höher sein als von Serum α. Chlorbestimmungen von Serum γ zeigten eine Vermehrung des wasseranziehenden Vermögens von 0·064.

Es interessirte mich zu wissen, in welchem Sinne sich die Phosphorsäure bei der Einwirkung von Alkali verhielt, obgleich sie wegen der geringen im Serum vorhandenen Quantität keinen grossen Einfluss auf das

Digitized by Google

wasseranziehende Vermögen ausüben kann. Nach dem was ich oben mittheilte, konnte die Methode, mittelst welcher ich die Eiweissstoffe aus dem Serum ausfällte, namentlich mit Alkohol, hier ohne Gefahr angewandt werden.

a 180 ccm Blut + 20 ccm Wasser,
b 180 „ „ + 20 „ $^1/_{10}$ Normal-NaOH,
c 180 „ „ + 20 „ $^1/_{20}$ „ „

Von Serum *a*, *b* und *c* wurden 100 ccm durch 200 ccm 95 procentigen Alkohol gefällt.

Bei der Titrirung mittelst Lakmoïd, verbrauchten 50 ccm der alkoholischen Flüssigkeit *a* 7·9 ccm $^1/_{20}$ Normal-Schwefelsäure, 50 ccm der Flüssigkeit *b*, 11·3 ccm $^1/_{20}$ Normal-Schwefelsäure und 50 ccm der Flüssigkeit *c* 9·5 ccm $^1/_{20}$ Normal-Schwefelsäure.

Bei der Titrirung mittelst Phenolphtaleïn stellte sich heraus, dass für die Zersetzung von Na_2CO_3 verbraucht wurden:

bei 50 ccm Flüssigkeit *a* 5·2 ccm
„ 50 „ „ *b* 7·6 „
„ 50 „ „ *c* 6·2 „

woraus folgt, dass in 50 ccm Flüssigkeit *a* eine Quantität Na_2HPO_4 sich befand, welche durch 7·9—5·2=2·7 ccm $^1/_{20}$ Normal-H_2SO_4 umgesetzt wurde in NaH_2PO_4.

Für Flüssigkeit *b* betrug diese Quantität 11·3—7·6=3·7 ccm und für Flüssigkeit *c* betrug diese Quantität 9·5—6·2=3·3 ccm.

Hieraus ersieht man, dass durch die Einwirkung von Alkali auf das Blut, der Phosphorsäuregehalt des Serums steigt. Bei der Einwirkung einer concentrirteren KOH-Lösung ist diese Steigerung bedeutender als bei der Einwirkung derselben Menge einer schwächeren KOH-Solution.

Die hier erwähnten Experimente habe ich auch mit Säure ausgeführt Ich gebrauchte dasselbe Blut, welches für die Untersuchung mit Alkali angewandt wurde

b' 180 ccm Blut + 20 ccm $^1/_{10}$ Normal-H_2SO_4,
c' 180 „ „ + 20 „ $^1/_{20}$ „ H_2SO_4;

die Titrirung mit Lakmoïd und Phenolphtaleïn ergaben bezw. für 50 ccm *b'* 4·2 und 2·2; für 50 ccm *c'* 5·7 und 3·4.

Die Differenzen für die Phosphorsäuremengen betrugen also 2 und 2·3. Diese Zahlen, verglichen mit der Zahl 2·7, zeigen deutlich, dass durch die Einwirkung von Säure auf Blut, das Serum Phosphorsäure an die Blutkörperchen abgiebt.

Um die unter *d* gestellte Frage auch für Säure zu lösen, wurden mittelst der nämlichen Methode, welche ich oben für Alkali beschrieb, drei Gemische zubereitet:

Digitized by Google

α' 180 ccm Blut + 20 ccm Wasser,
β' 180 „ „ + 20 „ $^1/_{10}$ Normal-H_2SO_4
γ' 180 „ „ + 20 „ $^1/_{20}$ „ „

Nachdem in den drei Gemischen die Blutkörperchen sich gesenkt hatten, wurde das Serum entfernt. Von den drei Serumsorten α', β' und γ' sollte nun, wie dies geschehen war bei der Einwirkung von Alkali, der Alkaligehalt gleich gemacht werden und zwar dem des Serums α'. Zu diesem Zwecke wurden 5 ccm Serum β' mit 0·3, 0·4, 0·5, 0·6, 0·8, 0·9 und 1 ccm $^1/_{20}$ Normal-KOH versetzt und nachher zwei Tropfen der gesenkten Blutkörperchen vom Blute α' hinzugefügt. Nachdem die Blutkörperchen sich gesenkt hatten, wurde die obere Flüssigkeit entfernt und die Blutkörperchen mit 0·63 Procent NaCl-Lösung vermischt, der Flüssigkeit, in welcher die Blutkörperchen von Blut α' Farbstoff zu verlieren anfingen. Es stellte sich nun heraus, dass das Letztere auch mit den Blutkörperchen, welche im Gemische verweilt hatten, der Fall war. Dasselbe war zwischen 5 Serum $\beta' + 1$ und 5 Serum $\beta' + 0·9$ gelegen. Für Serum γ' war das Gemisch 5 Serum $\gamma' + 0·5$. Deshalb hatten 5 Serum α', 5 Serum $\beta' + 0·95$ $^1/_{20}$ Normal-KOH und 5 Serum $\beta' + 0·5$ $^1/_{20}$ Normal-KOH den nämlichen Alkaligehalt.

Das wasseranziehende Vermögen war für

$$\text{Serum } \alpha' \ldots \frac{5+1·75}{5} \times 0·63 \times \frac{101}{58·5} = 1·47$$

$$\text{„ } \beta' - \frac{5+1·25}{5} \times 0·63 \times \frac{101}{58·5} = 1·36$$

$$\text{„ } \gamma' - \frac{5+1·375}{5} \times 0·63 \times \frac{101}{58·5} = 1·38$$

Indem bei der Hinzufügung von Alkali auf jede 100 ccm Serum β', 18 ccm Flüssigkeit hinzugefügt sind und auf jede 100 ccm γ' 10 ccm Flüssigkeit, so wird das wasseranziehende Vermögen von β', $1·36 \times \frac{118}{100} = 1·60$ und von γ', $1·38 \times \frac{110}{100} = 1·52$.

Aber durch die Hinzufügung von KOH ist Salz gebildet.

Für β' beträgt von diesem Salze das wasseranziehende Vermögen 0·1,
„ γ' „ „ „ „ „ „ „ „ 0·056;
so dass nach dieser Berechnung das wasseranziehende Vermögen von β', $1·6 - 0·1 = 1·5$ und von γ', $1·52 - 0·056 = 1·46$ beträgt. Die Zahlen 1·5 und 1·46 stimmen mit 1·47 gut überein.

Dieses Ergebniss beweist, dass nach der Einwirkung von Säure auf Blut eine Auswechselung zwischen den Bestandtheilen von Blutkörperchen und Serum in isotonischem Verhältnisse stattfindet. Das Ergebniss bringt noch eine andere Thatsache an's Licht.

Digitized by Google

Oben (unter *a* und *b*) wurde gezeigt, dass nach der Einwirkung von Säure oder Alkali auf das Blut, die Grenzen der NaCl-Lösungen, in welchen die Blutkörperchen Farbstoff abzugeben anfangen, andere sind als vor der Einwirkung. Es könnte dies dem zugeschrieben werden, dass die wasseranziehende Kraft (osmotische Spannung) der Blutkörperchen eine Aenderung erfahren hatte, oder dass die Permeabilität der Blutkörperchen modificirt war. Wäre die erste Erklärung die richtige, so würde auch die wasseranziehende Kraft des Serums, in welchem ja doch die Blutkörperchen in Gleichgewicht sich befinden, verändert sein. Und das ist, wie sich soeben ergeben hat, nicht der Fall. Weil eine dritte Erklärung nicht denkbar erscheint, muss man also annehmen, dass durch die Einwirkung von Säure oder von Alkali auf das Blut die Permeabilität der Blutkörperchen sich ändert und zwar, nach den unter *a* und *b* beschriebenen Experimenten, für Alkali im entgegengesetzten Sinne als für Säure.

Schwefelsäure und Salzsäure ändern die Permeabilität in dem nämlichen Sinne als Kohlensäure.[1]

e) Gehorchen die Blutkörperchen, nachdem Alkali oder Säure auf dieselben eingewirkt hat, den Gesetzen der isotonischen Coëfficienten?

Nachdem es sich herausgestellt hatte, dass durch den Einfluss von Alkali und von Säure die Permeabilität sich änderte, interessirte es mich zu wissen, ob die Blutkörperchen nach dieser Aenderung noch den Gesetzen der isotonischen Coëfficienten gehorchten.

Ich nahm:

A. 50 ccm Serum, verdünnte dieselben mit 10 ccm Wasser und fügte diesem Gemische 30 ccm Blutkörperchen hinzu.

B. 50 ccm Serum, verdünnte dieselben mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-KOH-Lösung und fügte diesem Gemische 30 ccm Blutkörperchen hinzu.

C. 50 ccm Serum, verdünnte dieselben mit 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-H_2SO_4-Lösung und setzte zu diesem Gemische 30 ccm Blutkörperchen hinzu.

Nachdem die Blutkörperchen mit den drei Gemischen geschüttelt waren und sich wieder gesenkt hatten, wurden sie mit NaCl-, KNO_3- und Rohrzucker-Lösungen untersucht. Die Blutkörperchen von *A* wurden aber allein mit NaCl-Lösungen eingestellt, weil sich aus früheren Experimenten[2] herausgestellt hatte, dass, wenn Wasser auf Blut eingewirkt hat (wobei

---

[1] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. 28. S. 405.

[2] Ueber die Permeabilität der rothen Blutkörperchen u. s. w. *Zeitschrift für Biologie.* A. a. O.

Digitized by Google

natürlich durch die nöthigen Cautelen, Farbstoffaustritt aus den Blutkörperchen vermieden wird), die Blutkörperchen den Gesetzen der isotonischen Coefficienten folgen.

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der Resultate.

Tabelle VI.

	Grenzen für das Austreten u. Nicht-Austreten von Farbstoff durch NaCl-Lösungen	Grenzen für das Austreten u. Nicht-Austreten von Farbstoff durch KNO_3-Lösungen	Grenzen für das Austreten u. Nicht-Austreten von Farbstoff durch Rohrzucker-Lösungen
A. 50 ccm Serum + 10 „ Wasser + 30 „ Blut	0·66 und 0·67 Proc.		
B. 50 ccm Serum + 10 „ Normal-KOH-Lösung $^1/_{10}$ + 30 ccm Blut	0·57 und 0·58 Proc.	0·97 und 0·98 Proc. (isotonisch mit NaCl 0·57 und 0·58 Proc.)	4·87 und 4·97 Proc. (isotonisch mit NaCl 0·57 und 0·58 Proc.)
C. 50 ccm Serum + 10 „ Normal-H_2SO_4-Lösung $^1/_{10}$ + 30 ccm Blut	0·74 und 0·75 Proc.	1·27 und 1·29 Proc. (isotonisch mit NaCl 0·74 und 0·75 Proc.)	6·51 und 6·62 Proc. (isotonisch mit NaCl 0·74 und 0·75 Proc.)

Aus dieser Tabelle geht deutlich hervor, dass die Blutkörperchen, trotz der bedeutenden Aenderungen, welche die Grenzen für das Austreten und Nicht-Austreten von Farbstoff erfahren, durch die Einwirkung von Alkali und von Säure, den Gesetzen der isotonischen Coëfficienten folgen.

Was die Rohrzuckerlösungen betrifft, sei hier bemerkt, dass die mit Alkali oder mit Säure behandelten Blutkörperchen in allen Concentrationen der erstgenannten Solutionen rasch ihren Farbstoff verlieren. Glücklicherweise haben die Blutkörperchen noch einige Zeit, sich zu senken, ehe sie Farbstoff verlieren; sodass in der Zuckerlösung, an welche die Körperchen keinen Farbstoff abgeben, oben noch ein farbloses Band ersichtlich ist.

f) Schützender Einfluss von Alkali auf den durch die Einwirkung von gallensauren Salzen, Galle und Chlorammon auf Blut herbeigeführten Farbstoffaustritt.

Unter *b* hatte sich herausgestellt, dass nach der Einwirkung von KOH auf die Blutkörperchen, dieselben noch keinen Farbstoff in Salzlösungen verlieren, in welchen die unveränderten Blutkörperchen dies wohl thun.

Digitized by Google

Ein Blick auf Tabelle III lässt in dieser Hinsicht keinen Zweifel übrig. Das KOH schützt also die Blutkörperchen vor der farbstoffentziehenden Wirkung von verdünnten NaCl-Lösungen.

Würde das KOH denselben Einfluss ausüben, wenn die Blutkörperchen der farbstoffentziehenden Wirkung gallensaurer Salze, Galle oder Chlorammon ausgesetzt wären?

Um diese Frage zu beantworten, vermischte ich 5 ccm Serum mit 0·5, 1, 1·5 und 2 ccm einer 5 procentigen Lösung gallensaurer Salze (angefertigt aus Ochsengalle) und schüttelte diese Gemische mit drei Tropfen Blutkörperchen (gesenkt in defibrinirtem Pferdeblute). Nach Senkung der Blutkörperchen stellte sich heraus, dass im Gemische 5 ccm Serum + 0·5 ccm Wasser, kein Farbstoffaustritt stattgefunden hatte, was wohl der Fall war im Gemische: 5 ccm Serum + 1 ccm Wasser und in bedeutender Masse in der Flüssigkeit, in welcher 1·5 ccm gallensaure Salze angewandt waren.

Um nun den Einfluss von Alkali zu untersuchen, versetzte ich 5 ccm Serum, statt mit 1 ccm einer Lösung gallensaurer Salze, mit nur 0·5 ccm, aber jetzt von der doppelten Concentration, also von 10 Procent und weiter mit 0·5 ccm $^1/_{10}$ normal KOH-Lösung. Es zeigte sich aber, dass das KOH die Blutkörperchen vor dem Einfluss der gallensauren Salze nicht geschützt hatte. Vielleicht, so meinte ich, ist dies nur scheinbar der Fall und ist die Quantität KOH so gross gewesen, dass sie selbst einen ungünstigen Einfluss auf die Blutkörperchen ausübte. Darum wiederholte ich den Versuch, setzte aber nun statt 0·5 ccm $^1/_{10}$ Normal-Lösung, 0·5 ccm $^1/_{20}$ Normal-Lösung hinzu. Und nun war wirklich kein Farbstoff ausgetreten. Hieraus folgt, dass das KOH die Blutkörperchen geschützt hat vor der Einwirkung gallensaurer Salze.

War eine schwächere KOH-Lösung im Stande, das nämliche herbeizuführen?

Um dies zu untersuchen, vermischte ich 5 ccm Serum + 0·5 ccm KOH $^1/_{40}$ normal mit drei Tropfen Blutkörperchen. Aber jetzt fand wohl Farbstoffaustritt statt, so dass die Vermehrung des Alkaligehaltes, welchen das Serum erfahren muss, damit die Blutkörperchen dem Serum, welches mit 5 Procent gallensaurer Salze versetzt ist, Widerstand leisten können, liegt zwischen $\frac{0{\cdot}5}{5+1} \times \frac{1}{10}$ und $\frac{0{\cdot}5}{5+1} \times \frac{1}{40}$ das ist zwischen $\frac{1}{120}$ und $\frac{1}{480}$ norm.

Ich wünschte nun auch zu wissen, ob die Blutkörperchen gleicherweise vor Lösungen von gallensauren Salzen von höherer Concentration als $^5/_6$ Procent geschützt werden. Es hatte sich gezeigt, dass das Gemisch 5 ccm Serum + 1·5 ccm einer 5 procentigen Lösung von gallensauren Salzen, Farbstoffaustritt herbeiführte.

Digitized by Google

Es wurden jetzt drei Flüssigkeiten bereitet:

a) 5 ccm Serum + 0·75 ccm einer 10 procentigen Lösung von gallensauren Salzen + 0·75 ccm $^1/_{10}$ Normal-KOH.

b) 5 ccm Serum + 0·75 ccm einer 10 procentigen Lösung von gallensauren Salzen + 0·75 ccm $^1/_{20}$ Normal-KOH.

c) 5 ccm Serum + 0·75 ccm einer 10 procentigen Lösung von gallensauren Salzen + 0·75 ccm $^1/_{40}$ Normal-KOH.

Alle drei Gemische wurden versetzt mit je drei Tropfen Blutkörperchen. Nach der Senkung der Blutkörperchen waren alle drei Flüssigkeiten roth. Am wenigsten roth war Flüssigkeit *b*; und es war auch deutlich, dass deren Röthe viel schwächer war als im ursprünglichen Gemische, zu welchen kein KOH hinzugefügt war (5 ccm Serum + 1·5 ccm einer 5 procent. Lösung von gallensauren Salzen).

Aus diesen Experimenten folgt, dass das KOH die Blutkörperchen, wenn auch nicht vollständig, doch gewissermaassen geschützt hat vor der farbstoffentziehenden Kraft einer $\frac{1{\cdot}5}{5+1{\cdot}5}\times 5 = 1{\cdot}15$ procentigen Lösung von gallensauren Salzen.

Im Vorübergehen sei hier bemerkt, dass das Serum als solches mit einer ziemlich grossen Quantität gallensaurer Salze versetzt werden kann, ehe dasselbe die rothen Blutkörperchen zu vernichten anfängt (nach den oben genannten Versuchen mit $^5/_6$ Procent). Ich habe diese Quantität auch einmal bezüglich des ganzen Blutes bestimmt.

Dazu nahm ich 10 ccm defibrinirtes Blut, liess die Blutkörperchen sich senken, entfernte einen Theil des Serums und versetzte dasselbe mit den Lösungen der gallensauren Salze.

Die Experimente mit den Resultaten folgen hier:

		Resultat:
10 ccm Blut	+ 1 ccm einer 1 proc. Lösung gallensaurer Salze,	Serum farblos.
10 „ „	+ 1 „ „ 2 „ „ „ „ „ „	„
10 „ „	+ 1 „ „ 3 „ „ „ „ „ „	„
10 „ „	+ 1 „ „ 4 „ „ „ „ „	roth.
10 „ „	+ 1 „ „ 5 „ „ „ „ „ „	„
10 „ „	+ 0·5 ccm „ 8 „ „ „ „	
	+ 0·5 „ $^1/_{20}$ Normal-KOH,	Serum farblos.
10 „ „	+ 0·5 „ einer 10 proc. Lösung gallensaurer Salze	
	+ 0·5 „ $^1/_{20}$ Normal-KOH,	Serum ein wenig roth.

Aus diesen Versuchen ersieht man, dass, wenn in defibrinirtem Blute

Digitized by Google

$^{3}/_{11}$ Procent gallensaure Salze vorkommen, kein Farbstoffaustritt stattfindet, dass dies aber wohl der Fall ist, wenn $^{4}/_{11}$ Procent darin vorhanden sind. Weiter stellt sich heraus, dass Hinzufügung einer geringen Menge KOH (einer Vermehrung des Blutes an Alkaligehalt von $\frac{1}{220}$ normal entsprechend) die Blutkörperchen noch schützt vor der Gegenwart von $^{4}/_{11}$ Proc. und nahezu vor der Gegenwart von $^{5}/_{11}$ Procent gallensaurer Salze.

Es interessirte mich zu untersuchen, inwieweit Alkali Einfluss ausübt auf die Einwirkung von Galle. Ich wandte hierzu Schweinsgalle an, während als Blut wieder das des Pferdes diente.

Die Versuche wurden auf die bei den gallensauren Salzen beschriebene Weise ausgeführt. Es genügt deshalb, die Resultate zu erwähnen.

									Resultat:
10 ccm	Blut	+ 0·1 ccm	Galle	+ 0·5 ccm	Wasser,			Serum	farblos.
10 „	„	+ 0·2 „	„	+ 0·5 „	„			„	ein wenig roth.
10 „	„	+ 0·3 „	„	+ 0·5 „	„			„	roth.
10 „	„	+ 0·4 „	„	+ 0·5 „	„			„	roth.
10 „	„	+ 0·1 „	„	+ 0·5 „	$^{1}/_{20}$	Norm.-KOH,	Serum		farblos.
10 „	„	+ 0·2 „	„	+ 0·5 „	$^{1}/_{20}$	„	„	„	„
10 „	„	+ 0·3 „	„	+ 0·5 „	$^{1}/_{20}$	„	„	„	„
10 „	„	+ 0·4 „	„	+ 0·5 „	$^{1}/_{20}$	„	„	„	roth.

Die Experimente lehren: 1. dass Galle schon in viel geringerer Menge die Blutkörperchen schädigt als die gallensauren Salze; 2. dass KOH die Blutkörperchen vor der Einwirkung der Galle schützt.

Schliesslich will ich noch die Versuche erwähnen, welche ich über den Einfluss von Chlorammon auf Blutkörperchen angestellt habe.

								Resultat:
5 ccm	Serum	+ 0·5 ccm	(NH_4) Cl-Lösung	von	1	Procent,	Serum	farblos.
5 „	„	+ 1 „	„	„	„	1 „	„	roth.
5 „	„	+ 1·5 „	„	„	„	1 „	„	„
5 „	„	+ 2 „	„	„	„	1 „	„	„
5 „	„	+ 0·5 „	(NH_4) Cl-Lösung	von	2	Proc.		
		+ 0·5 „	Normal-KOH-Lösung			$^{1}/_{10}$	„	„
5 „	„	+ 0·5 „	(NH_4) Cl-Lösung	von	2	Proc.		
		+ 0·5 „	Normal-KOH-Lösung			$^{1}/_{20}$	„	farblos.
5 „	„	+ 0·5 „	(NH_4) Cl-Lösung	von	2	Proc.		
		+ 0·5 „	Normal-KOH-Lösung			$^{1}/_{40}$	„	roth

(weniger roth als bei 5 ccm Serum + 1 ccm (NH_4) Cl-Lösung von 1 Proc.).

Aus diesen Resultaten geht hervor, dass KOH die Blutkörperchen gegen die schädliche Wirkung von (NH_4) Cl schützt und dass *in Casu* eine

Digitized by Google

Vermehrung des Alkaligehalts, welche zwischen $\frac{1}{120}$ und $\frac{1}{480}$ normal liegt, am günstigsten wirkt.

Ich habe auch untersucht, ob die Blutkörperchen auch gegen stärkere (NH_4) Cl-Lösungen geschützt werden könnten durch KOH. Wirklich war dies auch der Fall, obwohl dem Austreten von Farbstoff nicht vollkommen vorgebeugt werden konnte. Die Ursache muss darin gesucht werden, dass das KOH selbst rasch Farbstoffaustritt aus den Blutkörperchen hervorruft, wenn man deren Concentration erhöht.

Resumé und Schluss.

Die beschriebenen Untersuchungen haben in der Hauptsache die nachstehenden Resultate geliefert:

1. Durch die Einwirkung von Säuren und Alkalien auf defibrinirtes Blut findet eine Auswechslung zwischen den Bestandtheilen von Blutkörperchen und Serum statt.

2. Trotz der bedeutenden Auswechslung bleibt das wasseranziehende Vermögen des Serums und folglich auch das der Blutkörperchen unverändert; was zu dem Schluss berechtigt, dass die Wirkung von Alkali und Säure auf defibrinirtes Blut auf einer Aenderung in der Permeabilität der rothen Blutkörperchen beruht.

3. Die mit Säure oder Alkali behandelten Blutkörperchen folgen bezüglich des Austretens von Farbstoff durch Salzlösungen den Gesetzen der isotonischen Coëfficienten. Die Permeabilität hat also auf die letzteren keinen Einfluss gehabt.

4. Säure und Alkali ändern die Permeabilität in entgegengesetztem Sinne. Dies geht hervor:

   a) aus der Vergleichung von den Concentrationen der Salzlösungen, in welchen die unveränderten und die mit Säure oder Alkali behandelten Blutkörperchen Farbstoff abgeben;

   b) aus der Richtung, in welcher sich Bestandtheile der Blutkörperchen zum Serum und umgekehrt bewegen.

Digitized by Google

Durch die Einwirkung von Säure geben ja die Blutkörperchen dem Serum vorzüglich Eiweissstoffe ab, doch nehmen sie Chloride und Phosphate daraus auf.

5. Der Einfluss, welchen, nach meiner mehr erwähnten Abhandlung,[1] die CO_2 auf die Permeabilität der Blutkörperchen ausübt, ist nicht specifisch für diese Säure, sondern wird auch bei der Einwirkung anderer Säuren wiedergefunden.

6. Der Einfluss, welchen Alkali auf das Blut ausübt, wird vollkommen aufgehoben durch Hinzufügung einer aequivalenten Menge Säure und umgekehrt. Die Processe sind also umkehrbar.

7. Die Empfindlichkeit der Blutkörperchen für Alkali und Säure ist sehr gross. Die Aenderung der Permeabilität ist noch zu beobachten bei einer Verdünnung von 1 KOH auf 12·900 Blut und von 1 HCl auf 40·000 Blut, deshalb bezw. 0·00775 Procent KOH und 0·0025 Procent HCl.

8. Alkali schützt die Blutkörperchen gegen die Wirkung von gallensauren Salzen, von Galle und Chlorammon, insoweit diese Stoffe das Vermögen besitzen, Farbstoff aus den Blutkörperchen austreten zu lassen.

In den mitgetheilten Resultaten liegt eine Bestätigung und Erweiterung der im soeben citirten Aufsatze erörterten Thatsachen.

Salzsäure und Schwefelsäure ändern die Permeabilität der Blutkörperchen im nämlichen Sinne als die CO_2. Alkali thut das Umgekehrte. So ist es auch mit der Auswechslung zwischen den Bestandtheilen von Blutkörperchen und Serum, welches die Folge der Permeabilitätsveränderung ist.

Indessen sind die bei diesen Untersuchungen an's Licht getretenen Thatsachen bisher nur beim defibrinirten Blute constatirt; aber wenn man bedenkt, dass bei der CO_2 die Aenderung der Permeabilität für das defibrinirte und das circulirende Blut gilt, so ist die Vermuthung berechtigt, dass der beschriebene Einfluss von Säuren und Alkalien sich nicht auf das defibrinirte beschränken, sondern ebenso für das circulirende Blut gelten wird.

Möchte diese Vermuthung bestätigt werden — und hierzu ist

---

[1] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. 28. Jahrg. 1892. S. 405.

Digitized by Google

nach den Resultaten der von mir zu diesem Zwecke schon angestellten Versuche viel Grund vorhanden — so wird der hier erörterte Einfluss von Säuren und Alkalien, bei der bedeutenden Rolle, welche sie im Organismus spielen (man denke an die Reaction der Verdauungsflüssigkeiten, des Harns, u. s. w.) ein nicht zu vernachlässigender Factor in der Lehre des Stoffwechsels sein.

Einige Versuche sind von meinem Assistenten, Hrn. F. Laméris, ausgeführt, dem ich hierfür meinen Dank ausspreche.

Digitized by Google

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1891—1892.

XIII. Sitzung am 13. Mai 1892.[1]

1. Hr. Loewy hielt den angekündigten Vortrag: Ueber die Athmung im luftverdünnten Raum. Der Vortragende theilt die Resultate einer Reihe von Versuchen mit, die er im pneumatischen Cabinet des jüdischen Krankenhauses über die Mechanik und den Chemismus der Athmung während des Aufenthaltes unter Luftverdünnung am Menschen angestellt hat.

Die Geschwindigkeit, mit der die Verdünnung geschah, wie auch der Grad der Druckerniedrigung, der erreicht wurde, waren in den einzelnen Versuchen wechselnd.

Was erstere anlangt, so ergab sich, dass erst bei einer Druckerniedrigung um mehr als ca. 300 ^{mm} Hg die Schnelligkeit der Verdünnung bei den drei daraufhin untersuchten Individuen einen Einfluss geltend machte. Dieser zeigte sich darin, dass gewisse pathologische Allgemeinerscheinungen schon bei viel geringeren Graden der Druckerniedrigung auftraten, als dies sonst, unter langsamer Verdünnung, zu geschehen pflegte. Gut ertragen wurden noch folgende Verdünnungen: 1) in 10 Minuten eine Verdünnung, die einem Aufstiege um 1958 ^{m} entsprach, 2) in 11 Minuten eine solche, die gleich 2172 ^{m}, 3) in 18 Minuten eine, die gleich 3645 ^{m} war, 4) in 30 Minuten eine Verdünnung analog einem Aufstiege um 4972 ^{m}. Diese Geschwindigkeiten sind so bedeutende, dass sie kaum von schnell steigenden Luftballons erreicht werden.

Die Grenze der Verdünnung wechselte, wie erwähnt, gleichfalls. Sie musste wechseln, weil nicht alle der Untersuchten eine tiefe Erniedrigung gleich gut ertrugen; bei den einen traten Beschwerden schon ziemlich früh auf, die bei anderen erst bei weitergehenden Druckverminderungen sich geltend machten. Diese Beschwerden waren rein nervöser Natur — den Symptomen der Hirnanaemie gleichend: Schwindel, Taumligkeit, Müdigkeit, Schlafsucht. Auch bei ein und demselben Individuum traten sie unter gewissen Umständen früher, unter anderen später auf. Sie wurden verzögert

---

[1] Ausgegeben am 1. Juli 1892.

Digitized by Google

und gemindert unter allen Verhältnissen, durch die die Athmung vertieft, die Sauerstoffspannung in den Alveolen erhöht wurde, sie wurden gesteigert, wenn durch Verflachung der Athmung die O-Spannung in den Alveolen sank. Letzterer Fall war z. B. gegeben durch stärkere Füllung des Magendarmcanals, ersterer, ausser durch willkürliche Vertiefung, durch ausgiebigere Ventilation der Alveolen, entweder bei zweckmässiger Muskelthätigkeit oder bei Athmung kohlensäurehaltiger Luft.

Die tiefsten, noch im ganzen gut ertragenen Verdünnungen lagen bei 360 mm Hg = 6423 m und bei 356 mm = 6514 m Höhe; der Druck war hier also geringer als $^1/_2$ Atmosphaere.

Was die Intensität und Art des respiratorischen Gaswechsels anlangt, so war in keinem der zwölf Versuche, von denen 5 Ruhe- und 7 Arbeitsversuche waren, eine Verringerung desselben zu ersehen. — Bis zu einer Verminderung des Druckes um ca. 300 mm — die Grenze schwankte individuell etwas — blieb die Höhe des Gaswechsels ebenso wie sein Modus ungeändert gegen den bei Atmosphaerendruck und zwar bei Ruhe wie auch bei Arbeit, die durch Raddrehen am Gärtner'schen Ergostaten geschah.

Unter dieser Grenze, an dem Punkte, wo bei Körperruhe die oben erwähnten subjectiven Beschwerden eintraten, änderte sich der Gaswechsel bei den Ruheversuchen und bei den Arbeitsversuchen: die Athemgrösse pro Minute nahm in erheblicherem Maasse zu, die Kohlensäurescheidung wuchs, die Sauerstoffaufnahme blieb ihr gegenüber zurück (in den Arbeitsversuchen sind diese Werthe natürlich nur für gleiche Arbeit unter Atmosphaerendruck und vermindertem Druck verglichen). Der respiratorische Quotient war gestiegen. Es handelt sich hier um den Eintritt qualitativer Aenderungen des Stoffwechsels, auf die auch Untersuchungsergebnisse des Urins (Auftreten von Eiweiss, Zucker, Milchsäure) hinweisen, und deren Natur noch nicht sicher zu ergründen gewesen ist.

Diese durch ungenügende Zufuhr der für die Zersetzungsprocesse nothwendigen Sauerstoffmenge hervorgerufenen Aenderungen waren ähnlich denen, die der Vortragende früher schon unter gleichen Bedingungen bei Atmosphaerendruck gefunden hatte (s. Ermüdung und Gaswechsel, Pflüger's Archiv, Bd. 49).

Die Thatsache, dass der Beginn des Sauerstoffmangels für die Gewebe bei Ruhe und Arbeit fast bei dem gleichen Grade der Druckverminderung lag, dass bei demjenigen Drucke noch Arbeit geleistet werden konnte — und zwar beträchtliche, z. B. einmal in 18 Minuten ca. 6900 kgrm, ein zweites Mal ca. 11 700 kgrm in 36 Minuten, wozu pro Minute ca. 1100 ccm O verbraucht wurden, fast das Vierfache der in der Ruhe erforderlichen 286 ccm — bei welchem Drucke die Zufuhr in der Ruhe nicht mehr zureichte, zeigt, dass die Verhältnisse der Sauerstoffzuführung, d. h. also die Athemmechanik von besonderem Interesse sind.

Bis zu demjenigen Momente, wo Sauerstoffmangel und die damit zusammenhängenden geschilderten Erscheinungen einzusetzen begannen, wich die Athemmechanik von der bei Atmosphaerendruck fast gar nicht ab. Nur infolge der, wohl durch die bei Druckverminderung eintretende Ausdehnung der Darmgase bedingten, mehr oder weniger erschwerten Contraction des Zwerchfelles ergab sich eine Verflachung der einzelnen Athemzüge mit geringer Frequenzerhöhung, wobei die Athemgrösse pro Minute wenig stieg.

Digitized by Google

oder constant blieb oder sogar etwas sank. Sobald jedoch die Sauerstoffversorgung nicht mehr zureichte, vertiefte sich durch diesen neuen Athemreiz die Respiration — in einigen Arbeitsversuchen bis zu 38 Procent über die normale Tiefe —, die in der Zeiteinheit gewechselten Athemvolumina stiegen erheblich.

Diese Vertiefung der Athmung, die dadurch bewirkte bessere Sauerstoffversorgung der Alveolen, das Steigen ihrer Sauerstoffspannung gaben eine gewisse Ausgleichung für die verminderte Spannung der inspirirten Luft ab. Der bis zum Beginn des Sauerstoffmangels der Gewebe bestehende Athemmodus jedoch mit seiner Verflachung ist im Hinblick auf eine etwaige Compensation der verringerten Sauerstoffzufuhr als unzweckmässig zu bezeichnen.

Die Sauerstoffspannung in den Alveolen sinkt demzufolge beim Athmen im luftverdünnten Raum rasch ab, um so rascher, als bei der gleichbleibenden Intensität der Zersetzungsprocesse auch die Ausnutzung der zugeführten Sauerstoffmenge eine weit stärkere ist, als unter Atmosphaerendruck, um bald einen Minimalwerth zu erreichen, der ungefähr 45—50 mm Hg (gegenüber 105—110 mm bei Atmosphaerendruck) entsprechen würde, d. h. 5—6 Procent eines Atmosphaerendruckes.

Dieser Minimalwerth, bei einer bestimmten Druckverminderung in den Ruheversuchen erreicht, wird weder durch weitere Druckerniedrigung, noch durch grösseren Sauerstoffverbrauch, wie ihn Muskelarbeit erfordert, verändert. Bei Muskelthätigkeit ist sogar die alveolare Sauerstoffspannung um ein Geringes höher als während der Ruhe.

Wir wissen nun, dass der Blutsauerstoff bis zu $^2/_3$, ja bis zu $^1/_2$ Atmosphaere Druck constant bleibt. Das Haemoglobin vermag also seinen Sauerstoffbedarf einer Atmosphaere zu entnehmen, deren Sauerstoffspannung weniger als die Hälfte der normalen beträgt, und eben hierin liegt die Möglichkeit gegeben, in so weiten Grenzen unabhängig vom barometrischen Drucke zu leben und in normaler Weise die Körperfunctionen auszuüben.

Die mitgetheilten Resultate beziehen sich nur auf einen plötzlichen Uebergang von dichteren in dünnere Luftschichten. Es unterliegt kaum einem Zweifel, dass bei dauerndem Aufenthalt unter Luftverdünnung eine Reihe von Anpassungen eintreten werden, die einen normalen Ablauf der körperlichen Functionen noch mehr sichern werden.

Die ausführliche Mittheilung der Versuche, die zum Theil mit Unterstützung aus den Mitteln der Gräfin Bose-Stiftung durchgeführt wurden, soll später erfolgen.

XIV. Sitzung am 24. Juni 1892.

1. Hr. A. KOSSEL berichtete über die in seinem Laboratorium von Dr. Monti ausgeführten Versuche zur Demonstration der Reductionserscheinungen, welche nach dem Tode in thierischen Geweben auftreten.

Dr. Monti benutzte hierzu Bromsilbergelatine-Trockenplatten und Bromsilbergelatine-Papier, welche vorher belichtet und alsdann durch Aufpinseln

Digitized by Google

von Na_2CO_3 alkalisch gemacht waren. Legt man einen Schnitt durch ein thierisches Organ auf eine derartige Platte, so bildet sich an den von dem Gewebe berührten Stellen eine Dunkelfärbung, die einen Abdruck des Organs darstellt und nach der Natur des Organs in kürzerer oder längerer Zeit erscheint und eine mehr oder weniger intensive ist. Am schnellsten und kräftigsten (nach einer Berührungsdauer von 10 Minuten) tritt eine Reduction durch die Nebennieren ein, viel später (5 Stunden) eine solche durch die Milz und den Darm, noch später durch die Nierenrinde, Thymusdrüse, Leber und den Hoden, Gehirn, (10 Stunden); keine Reduction durch Blut, Lungen, Muskeln, Fettgewebe. Nach dem Kochen verschwindet die Reductionswirkung durch die Nebennieren nicht, wohl aber die der übrigen Organe. Auch die Farbe, welche durch die verschiedenen Organe hervorgerufen wird, ist eine verschiedene. Die Nebennieren riefen einen schwarzen Ton hervor, ebenso Milz, Thymus und Darm, die Leber erzeugt eine rothbraune Nüance, die Nierenrinde wirkt in ähnlicher Weise.

Schon früher hatte Hr. Boruttau auf Veranlassung des Vortragenden ähnliche Versuche ausgeführt, aus denen sich ergab, dass dieselben Gewebstheile viel kräftiger und schneller reduciren, wenn man Thiere verwendet, welche mit Hydrochinon, Brenzcatechin, Resorcin, Pyrogallol vergiftet sind. Hierbei ist unter geeigneten Bedingungen auch Reductionswirkung durch Blut und Harn zu beobachten.

2. Hr. LEON LILIENFELD (a. G.) hielt den angekündigten Vortrag: Ueber die mikrochemische Localisation des Phosphors in den Geweben. (Nach gemeinschaftlich mit Hrn. A. Monti angestellten Versuchen.)

In der Chemie des Protoplasma's macht sich ein Mangel an Methoden geltend, welche die mikroskopische Localisation der aus dem Thierkörper gewonnenen Substanzen und ihrer Zersetzungsproducte in den betreffenden Geweben ermöglichen. Die Chemie der Zelle ist Dank den neueren Untersuchungen zu einer Entwickelungsstufe angelangt, auf welcher man die zum Leben unbedingt erforderlichen Substanzen in der entwickelungsfähigen Zelle, oder — wie sie Kossel nennt — die primären Stoffe, von den secundären, also für die fundamentalen Lebensfunctionen unwesentlichen, in der Zelle aufgespeicherten Stoffen streng sondert. Ein sich immer steigerndes Bedürfniss der Histochemie ist eine chemische Sonderung des Zellkerns vom Zellleibe oder — anders gesagt — eine chemische Kernfärbungsmethode. Aus diesem Grunde haben es der Vortragende und Dr. Achille Monti auf Anregung des Hrn. Prof. Kossel unternommen, eine chemische Kernfärbungsmethode auszuarbeiten, wobei sie den Gedanken in's Auge fassten, dass das hauptsächlich aus Nucleïn bestehende Karyoplasma der meisten Zellen sich durch seinen hohen Phosphorgehalt von dem Cytoplasma unterscheidet. Sie gründeten ihre Methode auf einer Fixation des Ammoniummolybdats durch die an Phosphor reichen Stellen der Gewebe und nachherige Reduction. Nachdem sich die Alkaloïde, das in der Farbentechnik angewendete Zinnchlorür und das Eisenvitriol für ihre Zwecke als unbrauchbar erwiesen, griffen sie zu einem anderen Reductionsmittel, nämlich dem Pyrogallol oder der Brenzgallussäure, welches ihnen zu sehr guten Resultaten verhalf.

Der genaue Gang ihrer Methode ist folgender. Frische Gewebsstücke (frische fertige Schnitte, Zupf-, Schab- und Klatschpraeparate) kommen in

Digitized by Google

eine nach Fresenius' Handbuch der qualitativen Analyse bereitete Lösung von molybdänsaurem Ammoniak. Die Zeit, welche sie darin verweilen sollen, hängt davon ab, wie die in dem betreffenden Gewebe enthaltene Phosphorsäure organisch gebunden ist. Ist die Bindung locker, so genügen einige Minuten bis zu einer halben Stunde — ist die Bindung fester Natur, so muss man die Gewebsstücke mehrere bis 24 Stunden mit Ammoniummolybdat in Berührung lassen. Man kann sich die Arbeit erleichtern, wenn man die Phosphorsäure mit Barytwasser oder Natriumcarbonat abspaltet. Die mit Ammoniummolybdat behandelten Gewebsstücke werden nachher sorgfältig ausgewaschen und eine halbe bis fünf Minuten lang in eine 20-procentige Lösung von Pyrogallol gebracht. Das Pyrogallol reducirt die gebildete Phosphormolybdänsäure, und es entsteht demgemäss an den phosphorreichen Stellen des Praeparates eine gelbe, braune oder schwarze Färbung, je nach dem Phosphorgehalte. Die Praeparate werden wieder sorgfältig in destillirtem Wasser ausgewaschen und frisch in Wasser untersucht, oder mit Alkohol entwässert, mit Xylol geklärt und in Canadabalsam eingeschlossen. Der Vortragende macht jetzt auf verschiedene Einwände aufmerksam, welche man dieser Methode entgegenbringen kann, und citirt Versuche, welche diese Einwände stürzen. Diese Versuche, bei welchen sich herausgestellt hat, dass sich phosphorfreies Eiweiss und phosphorfreie Gewebe absolut nicht färben, während es nucleïnisirte Gewebe in hohem Maasse thun, ferner dass eine umgekehrte Behandlung gar keine Tinction einleitet und dass schliesslich die Berührung der mit Ammoniummolybdat behandelten Stücke mit Ammoniak den Process coupirt, liefern Beweise für das rein chemische Princip der Färbung und ihre directe Beziehung zu dem Phosphor der Gewebe.

In dem speciellen Theil erörtert der Vortragende die mit verschiedenen Geweben erhaltenen Bilder.

In Lilien- und Spargelzellen färben sich sehr intensiv braun der Zellkern, und besonders die Nucleomikrosomen. Der Primordialschlauch färbt sich schwach gelb, die Zellmembran gar nicht. Die Embryonen färben sich sehr intensiv. Die Vitellinkrystalle in den Nüssen der Bertholletia excelsa, welche bekanntlich Phosphor enthalten, färben sich ebenfalls, wobei sich aber auch die Zellkerne und Primordialschläuche als phosphorreich erweisen.

Die todten Zellen des Hollundermarks färben sich gar nicht.

Die Bakterien enthalten Phosphor, indem sie sich schwach gelb tingiren.

In den Epithelzellen der oberflächlichen Schichten färben sich die Kerne braun, während das Cytoplasma ungefärbt bleibt. Bei den Epithelzellen der tieferen Schichten färbt sich das Cytoplasma schwachgelb, während sich die Mucinschichten oder Mucinfäden gar nicht färben. Im Ektoderma der Hydra sind die an den Tentakeln befindlichen Tegumentalzellen ziemlich phosphorreich, während die Nematocysten ungefärbt bleiben.

In den Spermatozoën einiger Thiere ist die Phosphorsäure, welche hier in sehr reichen Mengen vorkommt, äusserst fest gebunden. Nachdem man sie abgespaltet hat, zeigt es sich, dass sie vorwiegend in den Köpfen ihren Sitz hat und zwar bei manchen Thierarten in den hinteren Partieen der Köpfe.

Im Blut sind die rothen Blutkörperchen phosphorreich (Lecithin, Protagon), ebenso die Kerne der Leukocyten und die Nucleïnplättchen. Das Faserstoffnetz färbt sich gar nicht.

Digitized by Google

Beim lockeren und festen Bindegewebe ist die Grundsubstanz phosphorfrei, während sich die Kerne der Epithelzellen intensiv tingiren und das Cytoplasma ungefärbt bleibt.

Die Knochen geben selbstverständlich sehr starke Reaction.

Die Grundsubstanz des Knorpels ist vollständig phosphorfrei, während die Zellen und besonders die Zellkerne Phosphor enthalten.

In den Nervenzellen ist das Verhältniss umgekehrt: der Kern ist phosphorarm, das Cytoplasma phosphorreich. Doch finden sich im Gehirn auch phosphorreiche Kerne.

Das Cytoplasma der Nierenepithelzellen ist sehr reich an freier Phosphorsäure, welche wahrscheinlich auf Kosten des Harns zu schieben ist.

Das quergestreifte Muskelgewebe giebt die Reaction momentan mit höchst intensiver Farbe, woraus sich ergiebt, dass die Muskeln sehr viel salzartig gebundene Phosphorsäure enthalten. Letztere scheint besonders in den dunklen Streifen vorhanden zu sein.

Zum Schluss knüpft der Vortragende eine allgemeine Betrachtung an, in welcher er, frühere von Kossel gemachte Beobachtungen anziehend und die Resultate vorliegender Arbeit sichtend, die Behauptung aufstellt, dass der Phosphor ein steter Begleiter des Fortpflanzungsvermögens, also der Entwickelungsfähigkeit des Protoplasma's ist.

Es wird eine Reihe von Praeparaten demonstrirt. (Die ausführliche Arbeit wird in der Zeitschrift für physiologische Chemie erscheinen.)

XVI. Sitzung am 22. Juli 1892.[1]

1. Hr. LEON LILIENFELD (a. G.) hielt den angekündigten Vortrag: Ueber den flüssigen Zustand des Blutes und die Blutgerinnung.

Bevor ich den Versuch mache, Ihnen über einige neue Ergebnisse meiner Untersuchungen über die Blutgerinnung, welche ich in der chemischen Abtheilung des hiesigen physiologischen Instituts gewonnen habe, zu berichten, muss ich Sie noch mit der chemischen Natur einiger von mir in den Leukocyten der Lymph- und Thymusdrüse gefundenen Substanzen bekannt machen.

Vor etwa $3^1/_2$ Monaten machte ich Sie in einer vorläufigen Mittheilung mit einer Substanz bekannt, welche ich aus dem Wasserextract der Leukocyten durch Fällung mit Essigsäure, wiederholte Lösung und Fällung und Extraction mit Alkohol und Aether gewann. Ihre Reactionen, Spaltungsproducte und Elementarzusammensetzung berücksichtigend erkannte ich diese Substanz als ein Nucleïn und nannte sie Leukonucleïn.[2] Es hat sich aber bei meinen späteren Untersuchungen herausgestellt, dass dieser Körper kein Nucleïn im geläufigen Sinne dieser Bezeichnung ist, sondern der Repraesentant einer vollständig neuen Gruppe von Substanzen, welche im thierischen Organismus sehr verbreitet zu sein scheinen. Ich habe Ihnen schon damals berichtet, dass ich das Histon, einen von Kossel in den rothen Vogelblutkörperchen entdeckten Eiweisskörper in den Leukocyten auffand und habe

[1] Ausgegeben am 29. Juli 1892.
[2] *Diese Verhandlungen.* 1. April 1892. S. oben S. 167.

Digitized by Google

die Behauptung aufgestellt, dass das Histon in chemischer Verbindung mit dem durch Essigsäure gefällten Körper stehe. Wenn Sie sich dessen erinnern, habe ich auch in dem Wasserextract der Leukocyten mittels Alkohol eine Substanz dargestellt, welche ich als diese Verbindung von Histon mit Nucleïn erkannte. Es hat sich nun im Laufe meiner Untersuchungen herausgestellt, dass das Histon auch in dem Molekül des durch Essigsäure gefällten Körpers enthalten ist, dass also diese letztere Substanz kein Nucleïn, sondern eine Verbindung von Nucleïn mit Histon ist. Der durch Alkohol gefällte Körper ist mit dem durch Säure gefällten identisch. Ich ziehe also den Namen Leukonucleïn von dieser Substanz zurück und schlage für sie den passenderen Namen Nucleohiston vor. Das Nucleohiston ist eine Substanz von merkwürdigen Eigenschaften. Sobald die Essigsäure durch Alkohol völlig entfernt ist, ist sie in Wasser löslich, sie ist löslich in überschüssigen Mineralsäuren, Alkalien und Neutralsalzen. Sie coagulirt in neutraler oder schwach alkalischer Lösung in der Hitze, zersetzt Wasserstoffsuperoxyd und hat eine für einen so complicirten Körper merkwürdig constante Elementarzusammensetzung. Das Nucleohiston spaltet sich in Histon und ein in überschüssiger Salzsäure lösliches Nucleïn, welches wiederum seinerseits Eiweiss- und Nucleïnsäure als Spaltungsproducte aufweist. Diese neue Gruppe von Substanzen, nämlich die Nucleohistone, scheint im Thierkörper sehr verbreitet zu sein; ich fand sie in den Leukocyten der Lymph- und Thymusdrüse, in den Milzzellen und den Hodenzellen.

Das Vorhandensein einer Gruppe von Körpern vom Typus meines Nucleohistons wurde schon von Kossel in seinen Arbeiten über die Zellkerne der Vogelblutkörperchen vorausgeahnt; allein er hat diese Verbindung nicht dargestellt.

Ich will hier bemerken, dass schon Rauschenbach und Wooldridge aus den Lymph- und Thymusdrüsen durch Fällung des Wasserextractes mit Essigsäure Substanzen gewannen, über deren Eigenschaften sie jedoch keine Angaben machen und deren chemische Natur ihnen unbekannt ist. Wooldridge erklärt seine Substanz für ein Gemenge von Lecithin und Eiweiss. Es unterliegt keinem Zweifel, und ich habe mich davon überzeugt, dass der grösste Theil dieses sogen. „Gewebsfibrinogens" von Wooldridge aus Nucleohiston besteht.

Es wird auch in einer gleichzeitig mit meiner vorläufigen Mittheilung erschienenen Arbeit von Brieger, Kitasato und Wassermann einer durch Essigsäure fällbaren Substanz aus der Thymusdrüse Erwähnung gemacht. Da aber in der citirten Arbeit, mit Ausnahme zweier Phosphorbestimmungen, nähere Angaben über die Eigenschaften jenes Körpers fehlen, so fällt es mir schwer, ihre Beziehung zu dem Nucleohiston mit Sicherheit festzustellen. Allerdings stimmen die Phosphorzahlen mit den meinigen gut überein und ich halte daher die Identität beider für wahrscheinlich.

Das eine Spaltungsproduct des Nucleohistons, das Histon, ist ein Eiweisskörper, welcher in zwei Modificationen existirt: in einer durch Ammoniak gefällten, in Wasser unlöslichen und einer durch Alkohol und Aether gefällten, in Wasser löslichen. Ich fand die für die Darstellungsmethode wichtige Thatsache, dass sich die unlösliche Modification durch Auflösen in verdünnter Salzsäure und Fällen mit Alkohol und Aether in die lösliche überführen lässt. Sein Entdecker Kossel zählte das Histon aus den Zell-

Digitized by Google

kernen der rothen Vogelblutkörperchen zu den Propeptonen; ich fand aber bei dem Histon der Leukocyten, dass es in der Hitze coagulirbar ist; dieser Körper bildet daher einen Uebergang von der Gruppe der Propeptone, die in der Hitze nicht coaguliren, zu den echten Eiweisskörpern. In der Coagulirbarkeit und auch in der Wiederlöslichkeit des Ammoniakniederschlages in Salzsäure scheint das Histon aus den Leukocyten von dem aus den Kernen der Vogelblutkörperchen gewonnenen zu differiren. Ich kann hier nicht die Thatsache übergehen, dass das Histon in der physiologischen Chemie sehr vernachlässigt wurde und dass man den Einwand machte, es sei das Histon vielleicht ein Laboratoriumsproduct der Salzsäure. Dieser Einwand ist vollkommen ungerechtfertigt; denn erstens ist an Gewinnung von Substanzen aus dem thierischen Organismus ohne chemische Reagentien nicht zu denken, und zweitens ist das Histon als Base an eine verhältnissmässig starke Säure, das Nucleïn, gebunden. Man muss daher die Verbindung mit einer Säure angreifen, um das Histon überhaupt zu erhalten. Ich will hier gleich bemerken, dass ich über Beobachtungen verfüge, welche die Praeexistenz des Histons über jeden Zweifel erheben und die ich weiter unten mittheilen will.

Im Allgemeinen umfasst die Lehre von der Blutgerinnung zwei Probleme: das eine sucht die Bedingungen des Festwerdens eines Eiweisskörpers, des Fibrinogens, möglichst genau zu beschreiben; das andere, physiologisch vielleicht von grösserer Tragweite, strebt, die räthselhafte Thatsache zu entziffern, dass das Blut innerhalb des lebenden Organismus flüssig bleibt. Die Frage nach der Ursache des Flüssigbleibens des Blutes im Thierkörper war eigentlich dasjenige, was den Anstoss gab zum Studium der intravasculären Gerinnungserscheinungen, welches zu guten Erfolgen führte. Der heutige Stand der Blutgerinnungslehre ist, kurz skizzirt, folgender. Es wird angenommen, dass ein Enzym, das Fibrinferment, das im Blutplasma gelöste Fibrinogen in Fibrin umwandelt. Durch die Untersuchungen von Hammarsten, Green, Arthus und Pagès hat sich noch ein wichtiges Moment hinzugesellt, nämlich die Mitwirkung der Kalksalze. Es hat sich herausgestellt, dass die Kalksalze nothwendige Begleiter der Gerinnungserscheinungen sind. Einen ernsthaften Läugner fand die Fermenttheorie bloss in Wooldridge, welcher die Lehre aufbaut, dass drei Fibrinogene, von denen zwei Verbindungen von Eiweiss mit Lecithin sind, das dritte dagegen das gewöhnliche Plasmafibrinogen ist, die Gerinnung hervorrufen. Das A- und B-Fibrinogen sind Substanzen, welche ihren Sitz in den Intracellularsäften haben. Von diesen Gesichtspunkten ausgehend. läugnet Wooldridge die Betheiligung der Leukocyten an der Fibringerinnung und benimmt dem Fibrinferment die ihm von Anderen zugeschriebene Bedeutung.

Während die Blutgerinnungslehre diese Entwickelung nahm, ist die Frage nach dem flüssigen Zustand des Blutes innerhalb der lebenden Gefässe Frage geblieben. Eine physikalische Erklärung dieser Erscheinung gab uns Brücke, welcher in einer Reihe exacter, späterhin von Hunter, Hewson, Lister und Fredericq bestätigter und variirter Versuche klarlegte, dass das Flüssigbleiben des Blutes mit der Vitalität der Gefässwand In enger Beziehung steht. Auf eine nähere Erklärung dieser Beziehung liess sich Brücke nicht ein. Freund sucht den vitalen Einfluss der lebenden Gefässwand auf einen Mangel an Adhaesion zwischen dem Blute und der Gefässwand zurückzuführen und bemüht sich, dieser Hypothese festen

Digitized by Google

Grund zu leihen durch Versuche, bei welchen das in eingefetteten Gefässen aufgefangene Blut seine Gerinnungsfähigkeit verliert. Schon vor längerer Zeit habe ich die Freund'schen Versuche unter mannigfachen Cautelen wiederholt und constatirte hierbei thatsächlich eine gewisse, wenn auch den Angaben Freund's nicht entsprechende Verzögerung der Blutgerinnung. Ueber eine Stunde und 18 Minuten konnte ich die Gerinnung des Blutes nicht hinausschieben. Eine andere Erklärung des Flüssigbleibens des Blutes giebt uns Bohr, welcher annimmt, dass das Blut bei der Circulation durch die oberhalb des Zwerchfells liegenden Organe seine Gerinnbarkeit verliert. Auch die Bohr'schen zwei Versuche habe ich durch acht Versuche zu controliren gesucht. Ich kann sie leider nicht bestätigen.

Eine chemische Erklärung des flüssigen Zustandes des Blutes giebt es heutzutage nicht. Das Ergebniss meiner letzten Untersuchungen ist, dass in den Leukocyten eine Substanz vorhanden ist, welche die Fähigkeit besitzt, das Blut flüssig zu erhalten. Diese Substanz ist das besprochene Histon. Führt man in den Kreislauf eines Hundes eine wässrige, neutrale Histonlösung ein, so bleibt das aus der Ader gelassene Blut permanent flüssig. Fängt man Blut in einer Histonlösung auf, so verliert es gleichfalls vollständig seine Gerinnungsfähigkeit. Fügt man zu Salzplasma eine Histonlösung hinzu und versetzt es dann mit einem Gerinnungserreger, mit welchem die Controlprobe bald gerinnt, also eine sogenannte Fibrinfermentlösung oder eine Nucleïnlösung, oder ein Kalksalz hinzu, so bleibt es vollständig flüssig. Bei der mikroskopischen Untersuchung des Histonblutes, welches durch eine Injection einer Histonlösung in die Vena jugularis des Hundes und Aderlass aus der Carotis gewonnen wurde, tritt die ganz merkwürdige Erscheinung zu Tage, dass die Leukocyten noch 24 Stunden nach dem Aderlass wohl erhalten sind und bei Zimmertemperatur lebhafte amoeboïde Bewegungen ausführen, dass ferner die Plättchen besser erhalten sind als durch irgend ein anderes Conservirungsmittel. Sie sind rund, vollkommen homogen und nicht im mindesten klebrig. Meines Wissens kann man solche Plättchen bloss im circulirenden Blute sehen. Die rothen Blutkörperchen sind ebenfalls gut erhalten.

Das Histonblut liefert uns also in allen seinen Elementen das Bild des normalen lebenden Blutes. Wenn man in's Auge fasst, dass, wie ich nachgewiesen habe, das Histon ein normaler Bestandtheil der Leukocyten ist, so muss man das Histonblut als normales, lebendes Blut, das nach Abschleuderung der Formelemente erhaltene Histonplasma als normales Plasma betrachten. (Der Vortragende demonstrirt Histonblut und Histonplasma.)

Wie soll man sich nun diese merkwürdige Fähigkeit des Histons, das Blut flüssig zu erhalten, auslegen?

Wie ich Ihnen eben mittheilte, befindet sich das Histon in den Leukocyten in Verbindung mit dem Nucleïn im Nucleohiston.

Ich hatte schon einmal Gelegenheit, Ihnen den Einfluss des Nucleïns auf die Gerinnung zu demonstriren. Ich fand damals, dass das Nucleïn als kräftiger Gerinnungserreger wirkt.

Es ist eine Thatsache, dass die Blutgerinnung ohne Mitwirkung der Kalksalze nicht stattfinden kann. In einer höchst interessanten Arbeit über die Einwirkung der Kalksalze auf die Fibringerinnung kommt Pekelharing zu dem Ergebniss, dass im Blutplasma ein Stoff enthalten sei, welchen

Digitized by Google

Pekelharing für ein Globulin erklärt, der durch Behandlung mit Kalksalzen zum Gerinnungserreger wird. Unter Anderem zeigt er, dass das sogenannte Gewebsfibrinogen von Wooldridge, welches an sich auf eine reine Fibrinogenlösung unwirksam ist, nach Behandlung mit Kalksalzen gerinnungerregend wirkt. Pekelharing erklärt diese Thatsache, indem er annimmt, dass in dem Gewebsfibrinogen neben anderen Stoffen noch ein Globulin enthalten sei, welches durch Kalksalze in Fibrinferment übergeführt wird.

Ich sagte Ihnen schon zu Anfang, dass das Wooldridge'sche Gewebsfibrinogen zum grössten Theil aus Nucleohiston besteht. Der Pekelharing'sche Versuch lenkte demnach meine Aufmerksamkeit auf die Einwirkung der Kalksalze auf das Nucleohiston. Mit Salzplasma konnte ich hierauf bezügliche Versuche nicht anstellen, weil das Salzplasma schon, wie Green zeigte mit einem Kalksalz allein gerinnt. Nun sind wir aber Dank der meisterhaften Untersuchungen Hammarsten's im Besitze einer reinen Fibrinogenlösung, auf welche Kalksalze wirkungslos sind. Fügte ich nun zu einer reinen Fibrinogenlösung eine globulinfreie Nucleohistonlösung hinzu, so trat keine Gerinnung ein. Wenn ich aber zu der Mischung Calciumchlorid oder Calciumsulfat zusetzte, so bekam ich binnen Kurzem Gerinnung. Die Kalksalze verleihen also dem Nucleohiston gerinnungherverrufende Eigenschaften.

Nachdem ich dies festgestellt habe, handelte es sich darum, zu ermitteln, worin diese Wirkung der Kalksalze auf das Nucleohiston besteht. Ich habe nun gefunden, dass die Kalksalze das Nucleohiston in seine beiden Componenten, das Nucleïn und Histon spalten. Fügt man zu einer Nucleohistonlösung Chlorcalcium oder Calciumsulfat hinzu, so kann man das Nucleïn und das Histon nebeneinander nachweisen. Die chemische Trennung dieser beiden Körper gelang mir am besten mit Kalkwasser. Füge ich zu einer Nucleohistonlösung Kalkwasser hinzu, so entsteht ein Niederschlag, welcher aus Histon besteht, während das Nucleïn in das Filtrat übergeht. Die Thatsache, dass die Kalksalze das Nucleohiston spalten, ist von eminenter Wichtigkeit; denn erstens zeigt sie, dass das Histon als solches in den Leukocyten enthalten ist, und zweitens giebt sie uns eine ausgezeichnete Richtschnur für die Erklärung der Blutgerinnungserscheinungen.

Die Kalksalze machen also das Nucleohiston zum Gerinnungserreger. Mit anderen Worten: so lange, als das Nucleohiston nicht gespalten ist, kann es keine Gerinnung hervorrufen — durch Kalksalze gespalten leitet es Gerinnung ein.

Vergegenwärtigen wir uns nun Folgendes: in den Leukocyten befinden sich zwei Substanzen in Verbindung mit einander, von denen die eine das Nucleïn, Gerinnung hervorruft, während die andere, das Histon, die Gerinnung verhindert. So lange diese Verbindung, das Nucleohiston, unversehrt ist, kann keine Gerinnung eintreten. Spaltet man das Nucleohiston, so tritt Gerinnung ein. Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich die Folgerung, dass der flüssige Zustand des Blutes an die chemische Unversehrtheit des Nucleohistons eng geknüpft ist. Wenn wir nun das Blut mit grossen Mengen von Histon versehen, so kann natürlich die Spaltung nicht eintreten, denn das Nucleïn, welches, wie ich fand, zum Histon grosse Affinität besitzt, findet gleich neue Histonmengen, mit welchen es in Verbindung treten kann. Es kann auch möglich sein, dass das Histon die Kalksalze des

Digitized by Google

Blutes an sich bindet und auf diese Weise die spaltenden Agentien aus dem Wege schaffend das Nucleohiston chemisch unversehrt lässt.

Danach ist der flüssige Zustand des Blutes eine Function der Leukocyten und im Besonderen einer von denselben producirten Substanz, des Histons.

Andererseits ist die Gerinnung ebenfalls eine Function der Leukocyten und einer besonders in denselben enthaltenen Substanz, des Nucleïns.

Beide Substanzen, sowohl die gerinnunghemmende als die gerinnungerregende, sind merkwürdigerweise an einander chemisch gebunden, und zwar als das Nucleohiston — und auf dieser chemischen Bindung beruht eben der flüssige Zustand des Blutes. Mit der Spaltung des Nucleohistons tritt die Gerinnung ein. Diese Spaltung wird hervorgebracht durch die im Blut gelösten Kalksalze.

Daraus erklärt sich nun eine Menge bisher dunkler Thatsachen. Groth fand z. B. die merkwürdige Thatsache, dass die Leukocyten in den Blutkreislauf injicirt, in zwei entgegengesetzten Richtungen ihre Thätigkeit entfalten: zuerst rufen sie ausgedehnte intravasculäre Gerinnungen hervor, wonach aber die Tendenz des Blutes, zu gerinnen, in ihr Gegentheil umschlägt, und das Blut wird gerinnungsunfähig. Aehnliche Resultate bekam Wooldridge mit seinem „Gewebsfibrinogen". Nunmehr wir wissen, dass die Leukocyten die Function innehaben, sowohl das Blut flüssig zu erhalten als es zur Gerinnung zu bringen, wird es uns leicht, diese auf den ersten Blick frappirenden sich entgegengesetzten Thätigkeiten zu erklären. Das in die Blutbahn mit den Leukocyten oder dem Gewebsfibrinogen gebrachte Nucleohiston wird durch die im Blute enthaltenen Kalksalze gespalten. Während jetzt das nunmehr freie Nucleïn, ausgedehnte Thrombosen bildend, in die Masse der Thromben eingeschlossen wird, benimmt das Histon dem Reste des Blutes seine Gerinnungsfähigkeit. Dass das Nucleohiston, in die Blutbahn gebracht, gespalten wird, erhellt aus der Thatsache, dass nach seiner Injection im Harn Histon nachzuweisen ist.

Diese Thatsachen geben auch eine Erklärung für die von Hofmeister beim Zerfall der Leukocyten beobachtete Peptonaemie.

Das Histonplasma, welches ich bisher erhielt, war weder durch Verdünnung, noch Säurezusatz, noch Fibrinferment zur Gerinnung zu bringen. Nur Nucleïn aus den Leukocyten rief unweigerlich Gerinnung in dem Histonplasma hervor. Hierbei zeigte sich die merkwürdige Thatsache, dass auch gekochte Nucleïnlösungen im Histonplasma Gerinnung erzeugten.

Neben dem Nucleïn ruft, wie vorauszusehen war, der Zusatz eines Kalksalzes im Histonplasma Gerinnung hervor. Dem Gesagten zufolge ist diese Wirkung der Kalksalze auf das Histonplasma klar. Sie spalten einfach das Histon ab und machen das Nucleïn frei, welches nun seine Gerinnungswirkung entfalten kann. Letzteres habe ich experimentell auf folgende Weise gezeigt. Im Histonplasma ist keine Spur freies Histon mittels Ammoniak nachzuweisen. Füge ich aber zum Histonplasma ein Kalksalz, z. B. Chlorcalcium hinzu, so entsteht danach mit Ammoniak ein Niederschlag von freiem Histon.

Digitized by Google

Bei der Mittheilung und Erklärung der obigen Beobachtungen brauchten wir kein einziges Mal das sogenannte Fibrinferment zu Hilfe zu nehmen. Mit den Thatsachen, welche ich zu finden das Glück hatte, kommt man, ohne das Fibrinferment heranzuziehen, bei der Erklärung aller Gerinnungserscheinungen aus. Diese Thatsachen erklären sogar mehr als alle bisherigen Hypothesen: denn sie zerstreuen das Dunkel von dem Flüssigbleiben des Blutes im Thierkörper, sie erklären die extravasculäre Gerinnung und führen die Wirkung der Kalksalze auf eine glatte chemische Reaction zurück. Es ist also vielleicht vortheilhafter, die vor uns jetzt ganz klar daliegenden Verhältnisse durch Hineinmengung des Fibrinfermentbegriffes nicht zu verwirren

Jedenfalls will ich Ihnen einen Versuch beschreiben, welcher sehr gegen die Fermenttheorie der Blutgerinnung spricht. Zu drei Portionen einer reinen Fibrinogenlösung, welche mit Chlorcalcium nicht gerann, fügte ich 1. Fibrinferment, 2. eine nicht gekochte und 3. eine durch zehn Minuten gekochte Nucleohistonlösung und ausserdem zu jeder Probe etwas Chlorcalcium. Die mit gekochter Nucleohistonlösung versetzte Probe gerann ebenso, wie die zwei anderen, ja sogar etwas schneller. Ich verfüge aber erst über Einen derartigen Versuch und will daher daraus keine voreiligen Schlüsse ziehen.

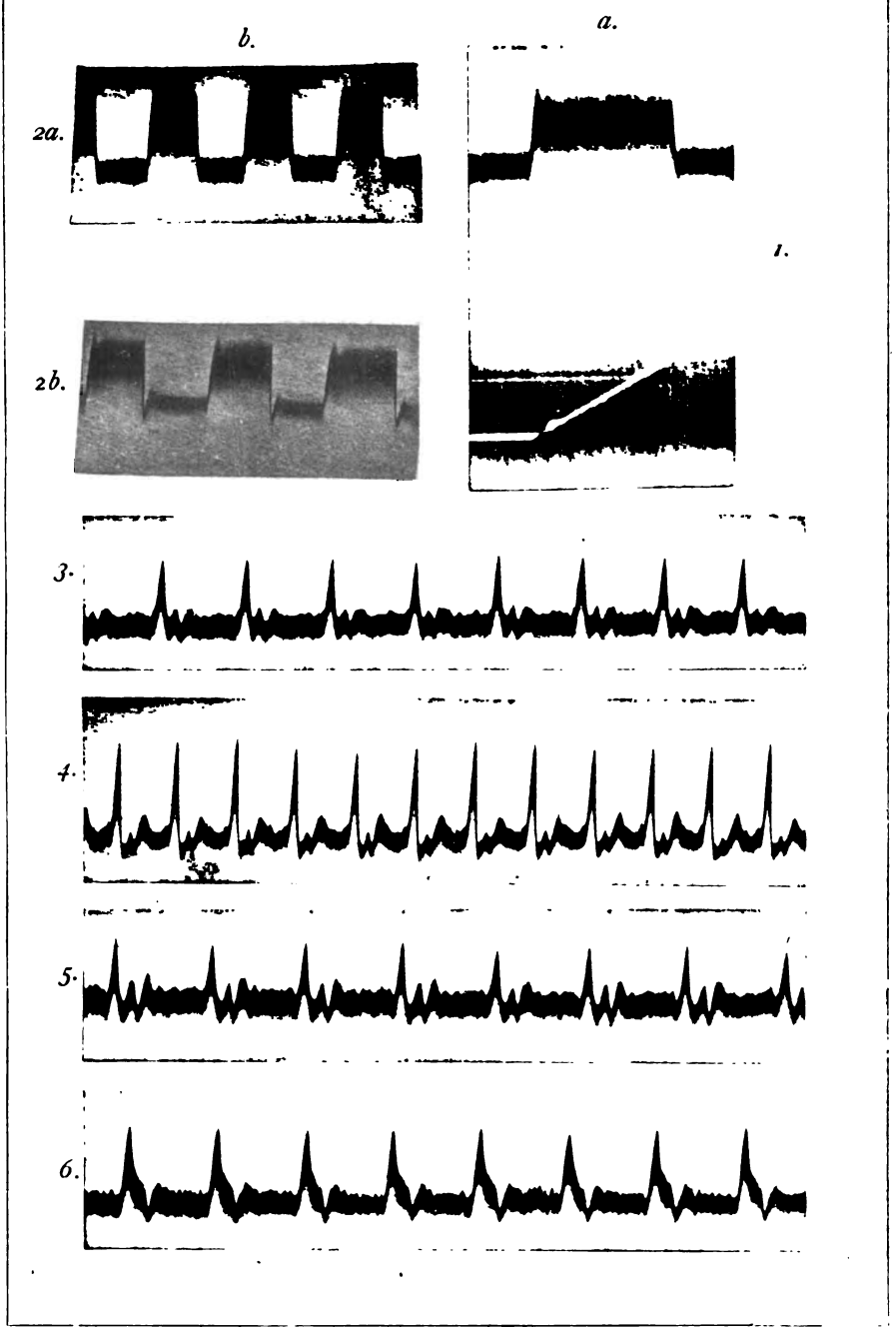
Zum Schluss danke ich Hrn. Prof. Kossel für seine liebevolle Unterstützung und erfahrenen Rathschläge.

3. Hr. N. ZUNTZ hielt den angekündigten Vortrag: Beitrag zur Physiologie des Geschmacks.

Das Urtheil über die Stärke einer Geschmacksempfindung wird bekanntlich durch die gleichzeitige Einwirkung anderer schmeckbarer Substanzen beeinflusst. Vortragender fand nun speciell für die Empfindung des Süssen, dass ihre Intensität unter Umständen erheblich gesteigert wird, wenn der Zuckerlösung bittere oder salzige Stoffe in so geringer Menge zugesetzt sind, dass sie für sich allein keine deutliche Geschmacksempfindung hervorrufen. Genauer untersucht wurde der Einfluss des Chinins und der des Kochsalzes. Von letzterem wird eine 0,1 procentige Lösung nicht mehr sicher durch den Geschmack von reinem Wasser unterschieden. Giebt man nun einer 12- bis 15 procentigen Zuckerlösung einen Gehalt von 0,1 Procent Cl Na, so erscheint sie erheblich süsser als ohne den Zusatz. Die Wirkung der für sich unschmeckbaren Kochsalzmenge ist so erheblich, dass eine salzhaltige 12 procentige Lösung von den meisten Menschen für süsser erklärt wird als eine 15 procentige ohne den Salzzusatz. Ganz analog wirkt salzsaures Chinin in solcher Verdünnung, dass der bittere Geschmack nicht mehr deutlich zu erkennen ist. Sobald man mit dem Zusatz die angedeutete Grenze überschreitet, so dass man seinen Geschmack neben dem des Zuckers in der Lösung erkennt, wirkt er nicht mehr steigernd auf den süssen Geschmack; man beurtheilt dann im Gegentheil die salzig oder bitterlich schmeckende Zuckerlösung als weniger süss.

Von den bisher bekannten Fällen von Modification des Urtheils über einen Sinneseindruck durch andere gleichzeitige Eindrücke (z. B. Weber's Entdeckung, dass ein Gewicht schwerer geschätzt wird, wenn es kalt ist) unterscheiden sich die vorliegenden Beobachtungen dadurch, dass der modificirende Eindruck für sich nicht wahrgenommen wird, weil er unter dem Schwellenwerth liegt.

Digitized by Google



Verlag **Veit & Comp.** Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1a

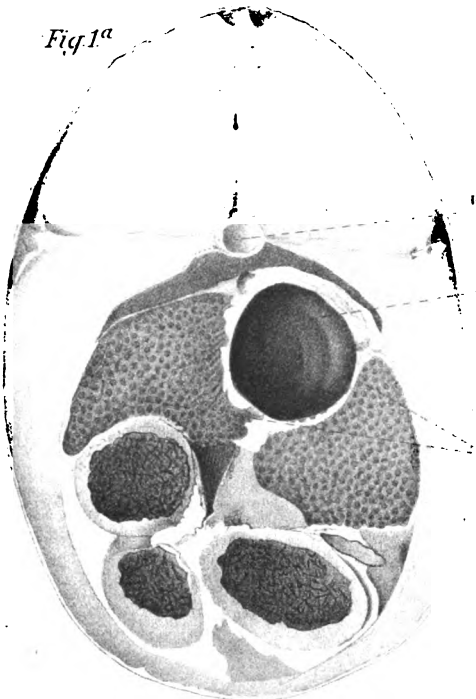


Fig. 1b

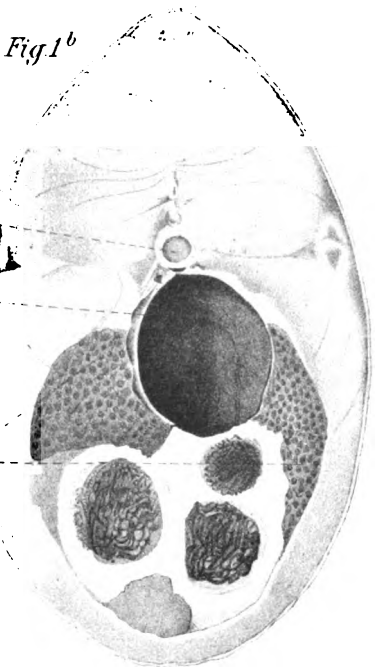


Fig. 2a

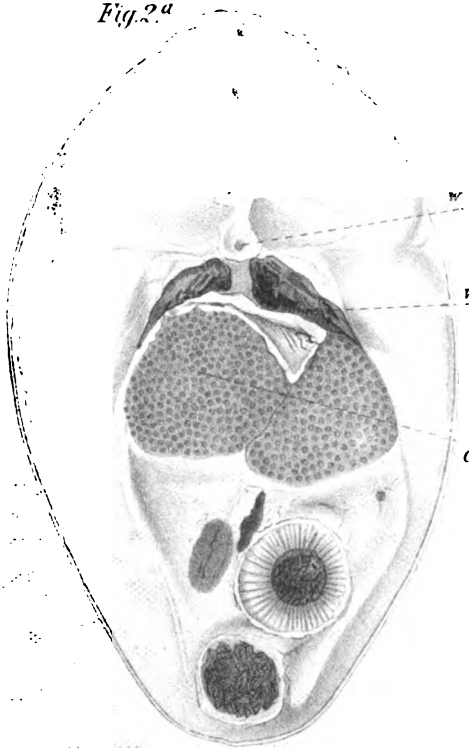
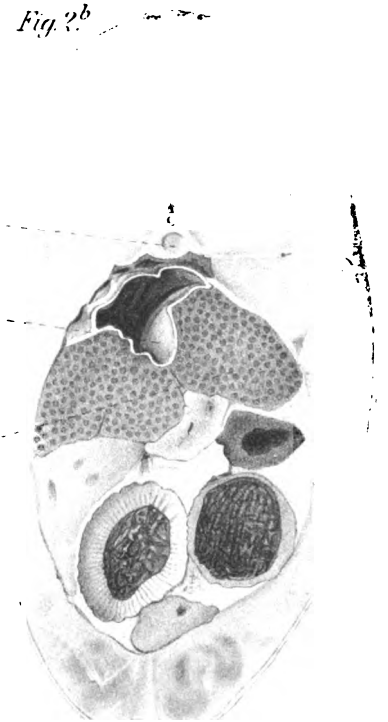


Fig. 2b



Veit & Comp.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1.

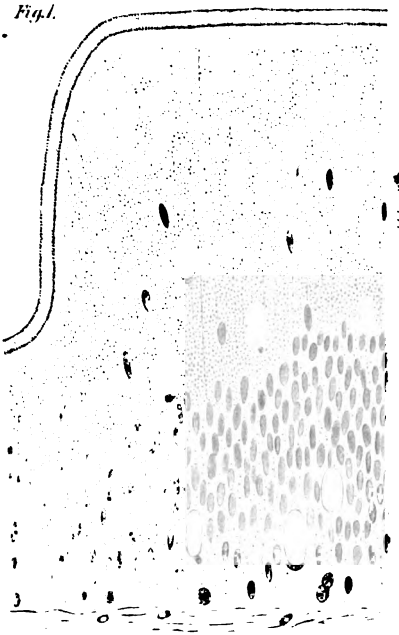
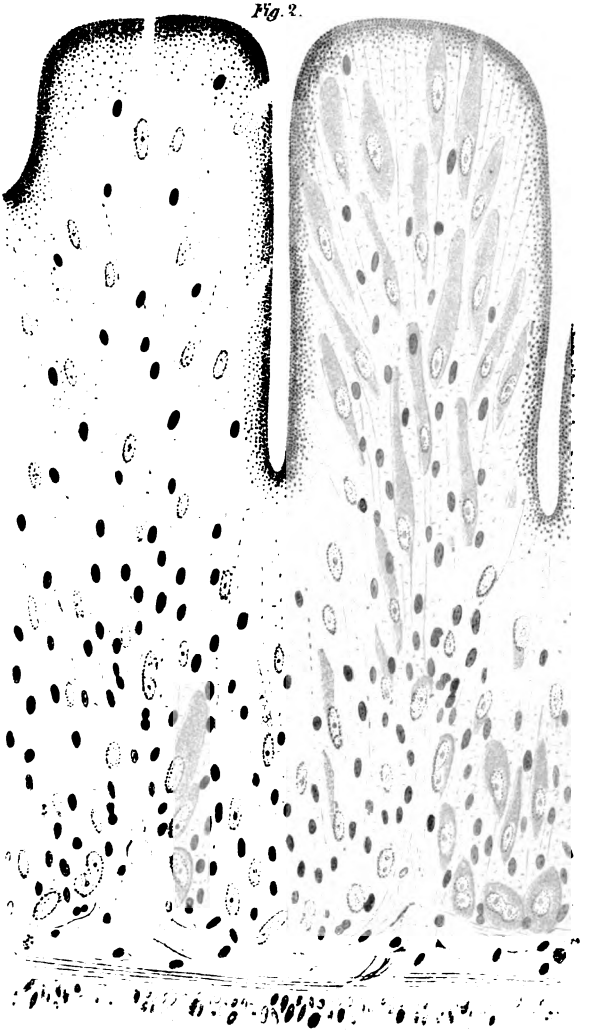


Fig. 2.



a Fig. 3. b

Fig. 4.

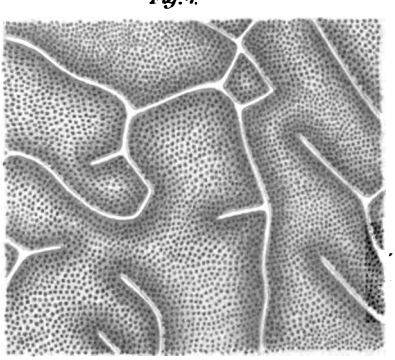
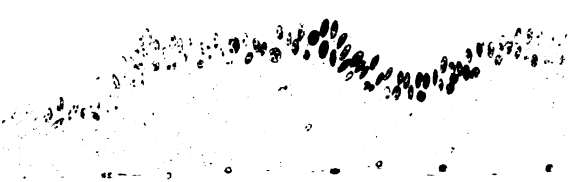


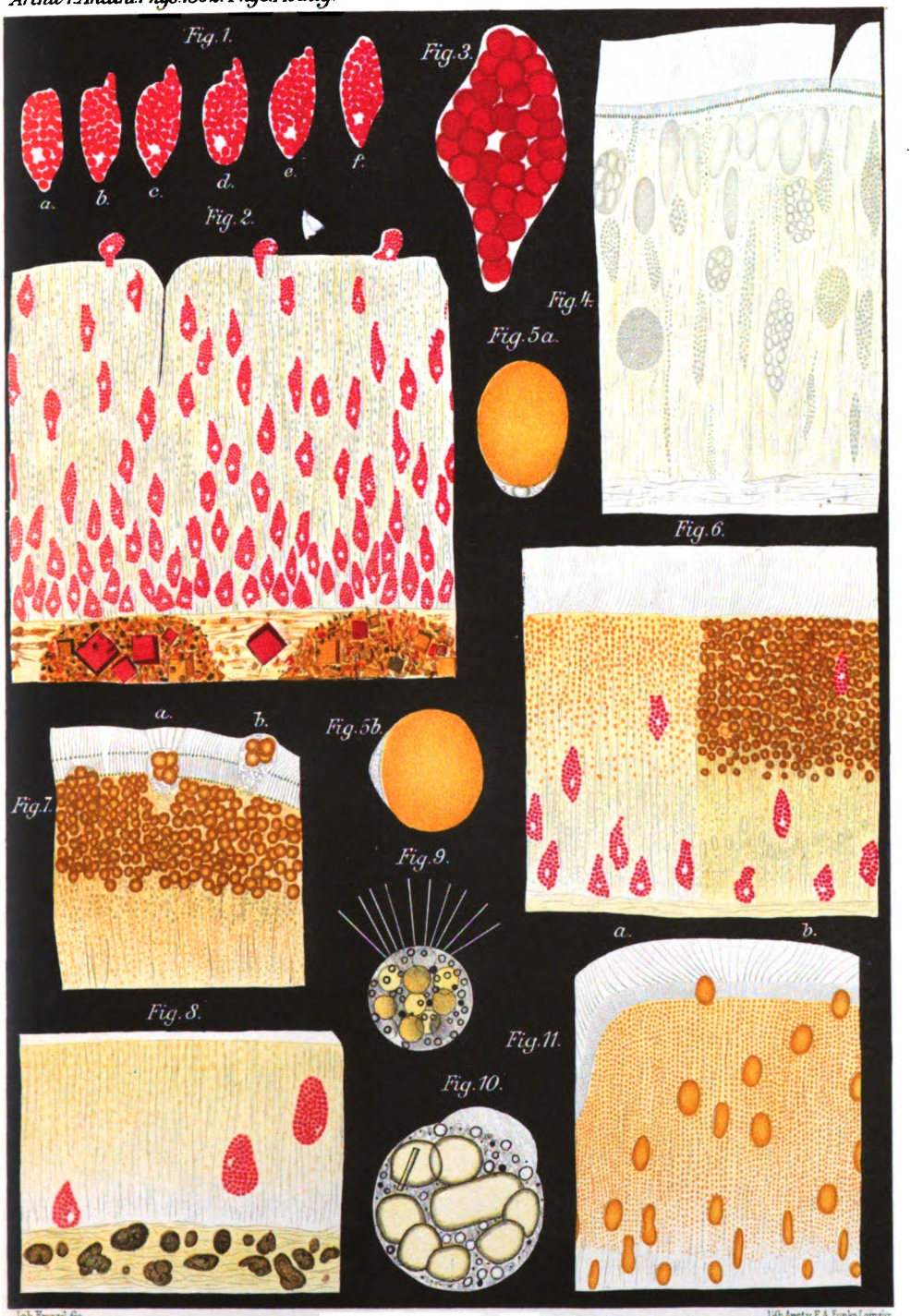
Fig. 5.



Veit & Comp

Digitized by Google

Digitized by Google



Joh. Frentzel fec. Verlag Veit & Comp. Leipzig. Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1.

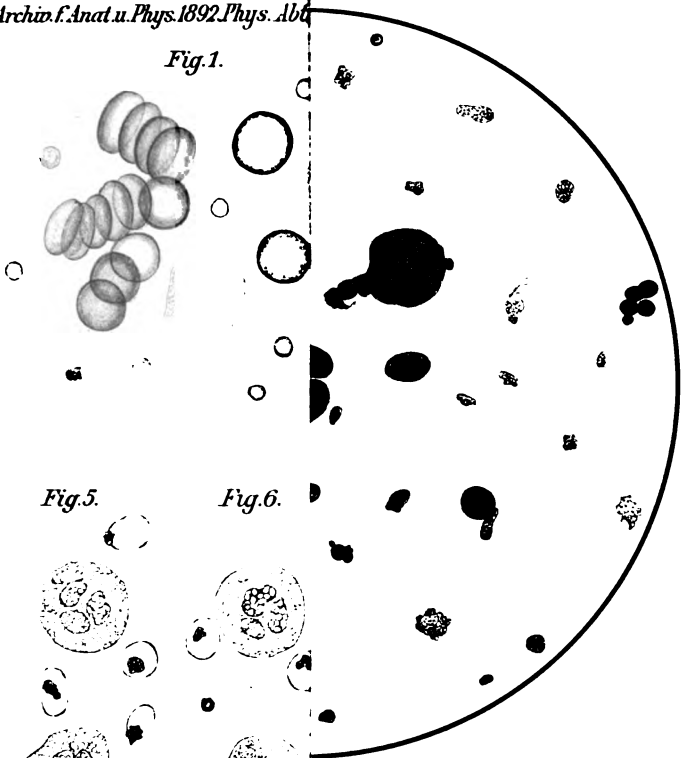


Fig. 5.

Fig. 6.

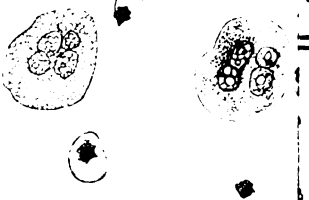
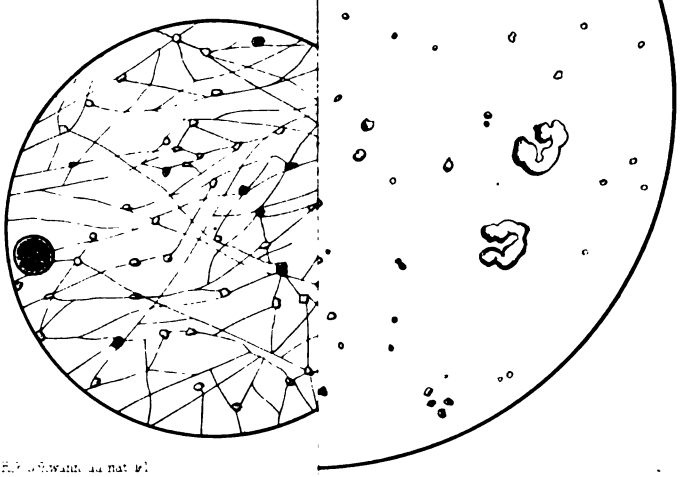


Fig. 12.



Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 16.

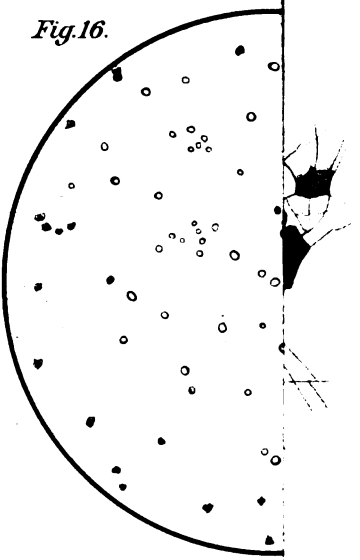


Fig. 20.

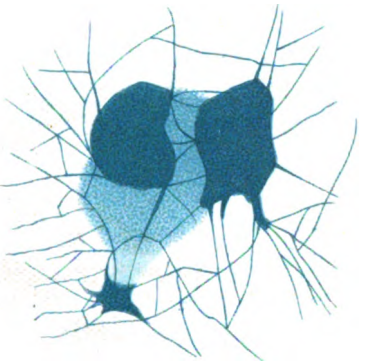


Fig. 21.

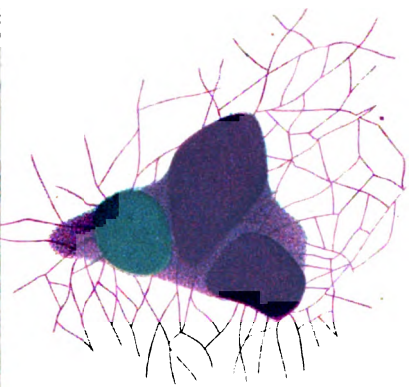
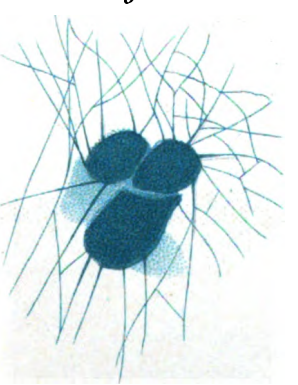


Fig. 17.

Fig. 22.



Digitized by Google

Digitized by Google

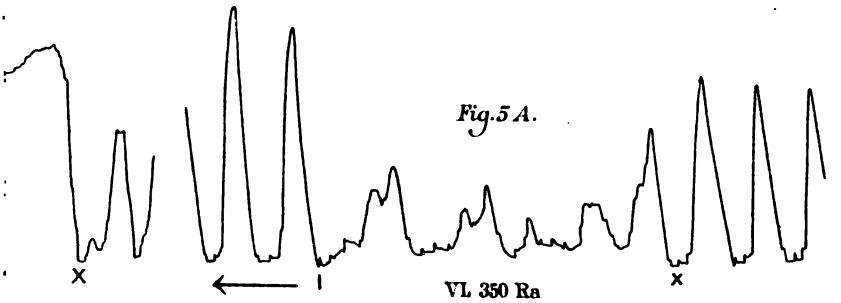


Fig. 5 A.

VL 350 Ra

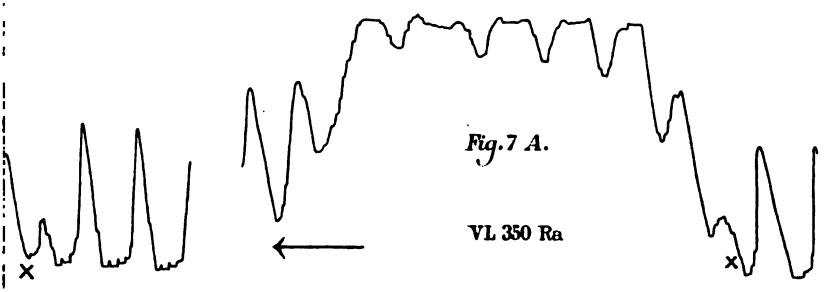


Fig. 7 A.

VL 350 Ra

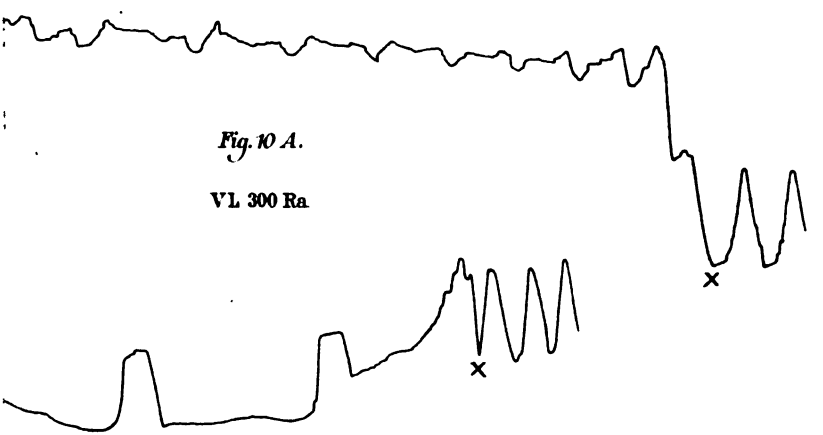


Fig. 10 A.

VL 300 Ra

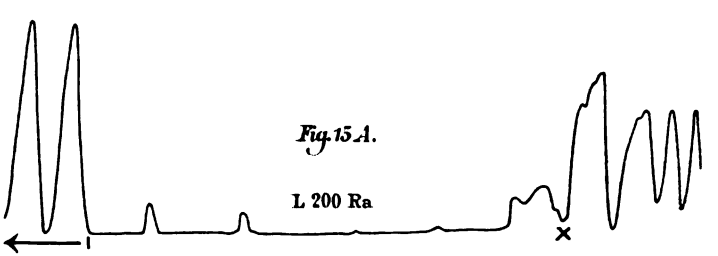


Fig. 15 A.

L 200 Ra

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 4 B.

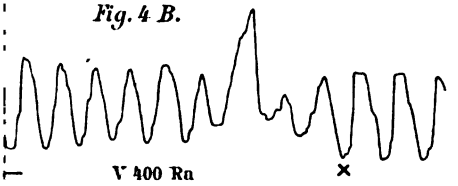


Fig. 5 B.

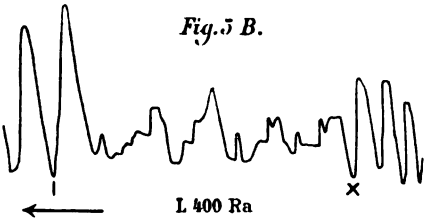


Fig. 9 B.

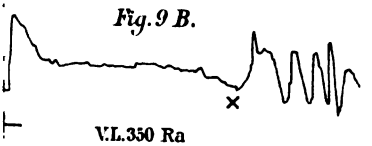


Fig. 10 B.

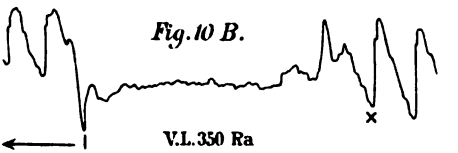


Fig. 15 B.

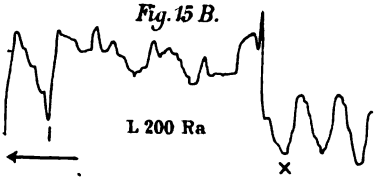


Fig. 16 B.

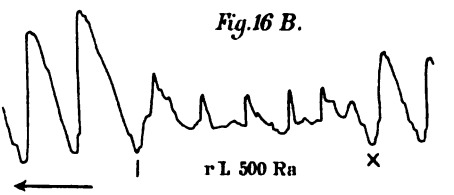


Fig. 20 B.

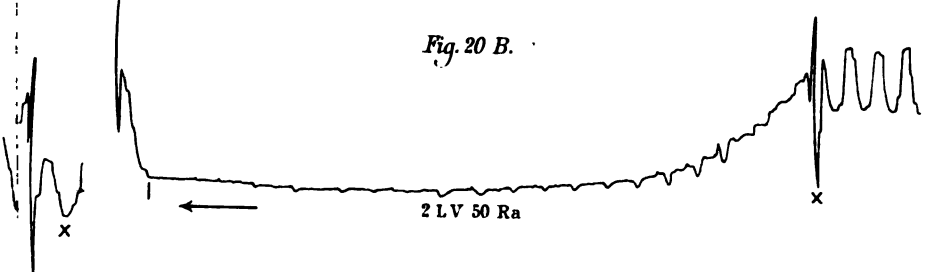
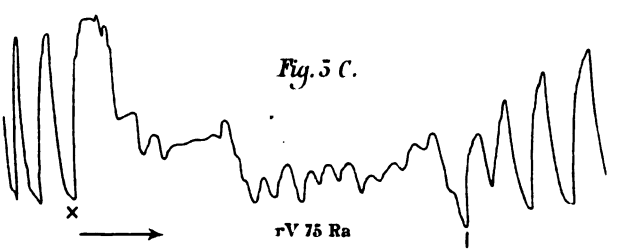


Fig. 5 C.



4 C.

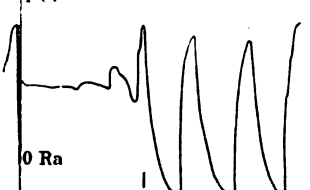
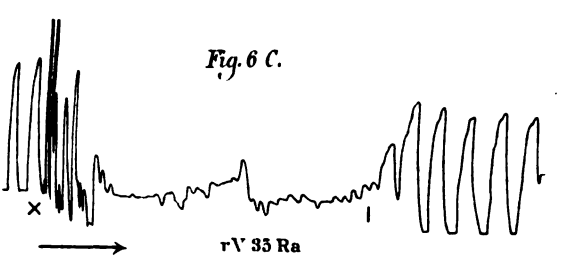


Fig. 6 C.



Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 3 F.

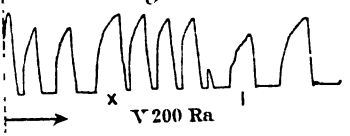


Fig. 5 F.

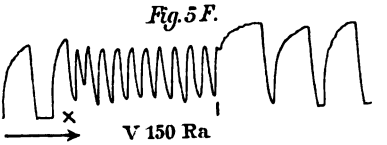


Fig. 4 F.

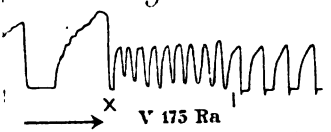


Fig. 6 F.

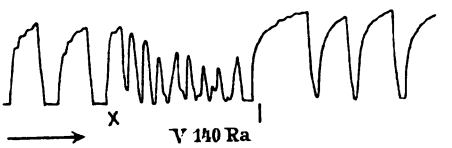


Fig. 1 H.

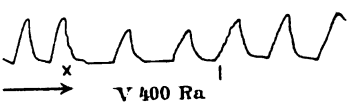


Fig. 2 H.

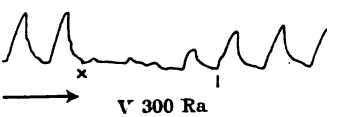


Fig. 6 H.

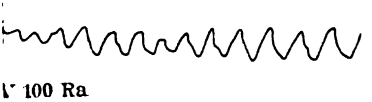


Fig. 7 H.

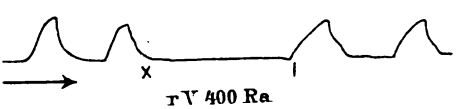


Fig. 11 H.

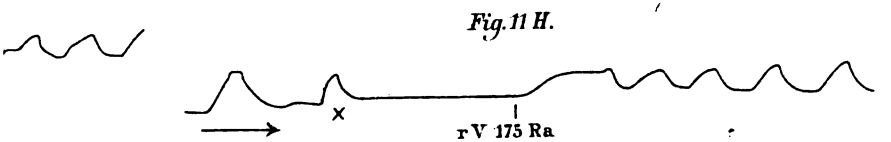


Fig. 13 H.

Fig. 14 H.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 5 J.

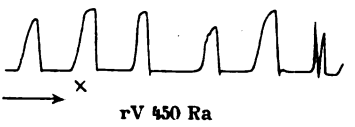
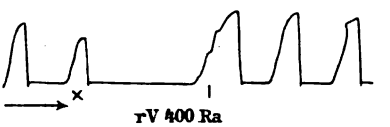


Fig. 6 J.



O J.

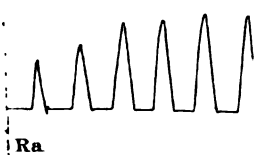


Fig. 11 J.

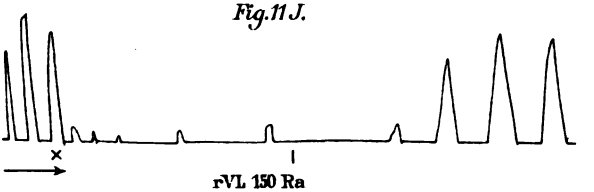


Fig. 4 K.

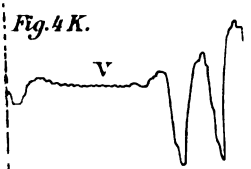


Fig. 5 K.

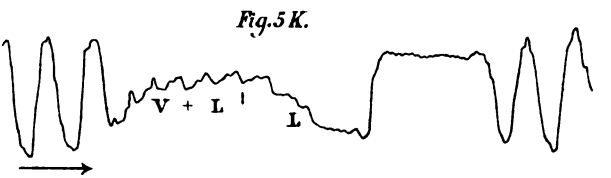


Fig. 2 N.

Fig. 3 N.

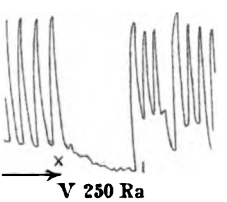


Fig. 4 N.

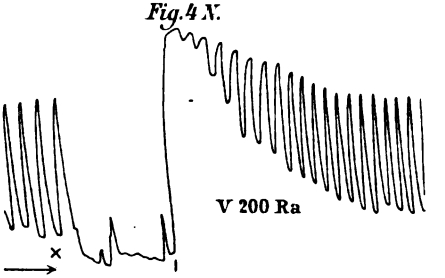


Fig. 8 N.

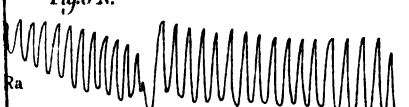


Fig. 9 N.

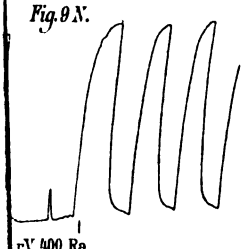
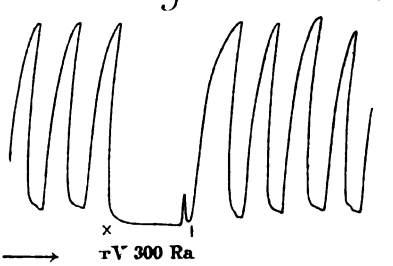


Fig. 10 N.



Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 3 P.

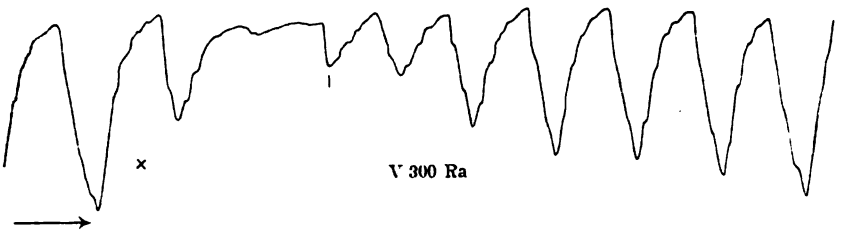


Fig. 6 P

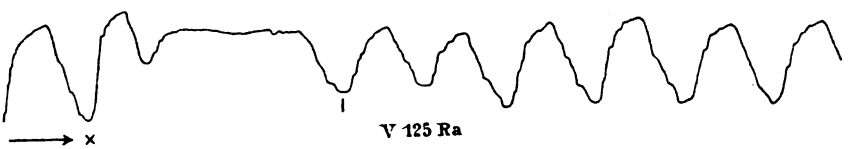


Fig. 9 P.

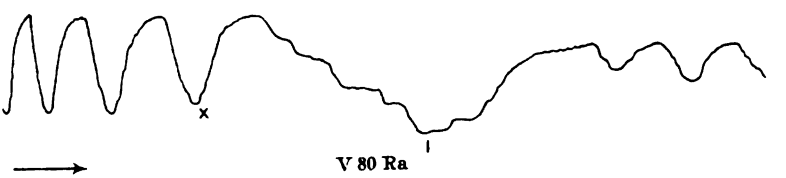


Fig. 13 P.

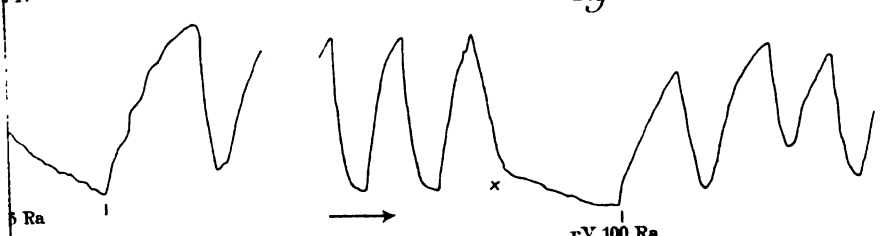
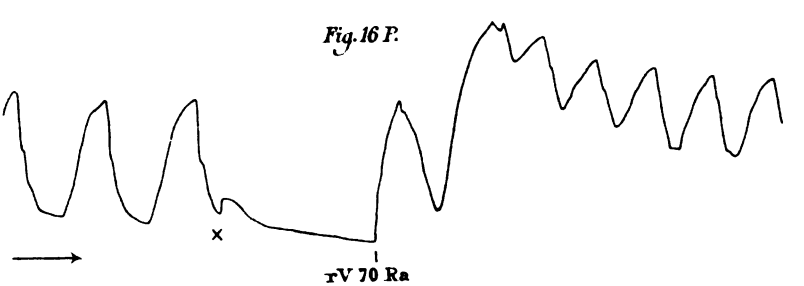


Fig. 16 P.



Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1 R.

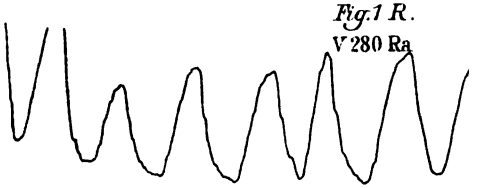


Fig. 3 R.

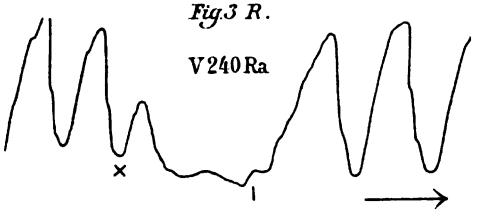


Fig. 6 R.

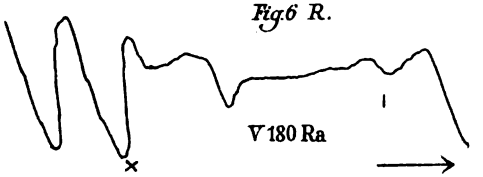


Fig. 8 R.

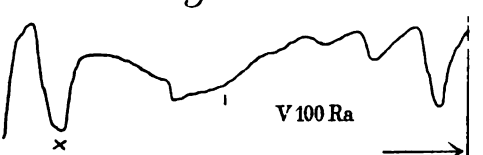
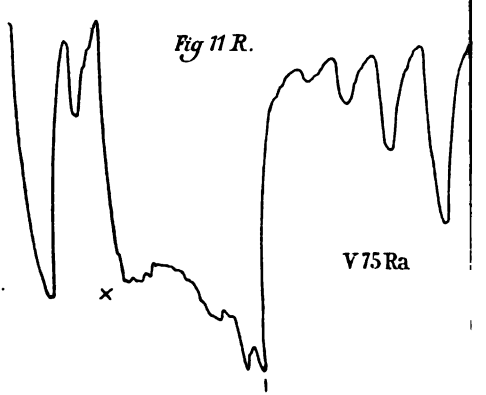
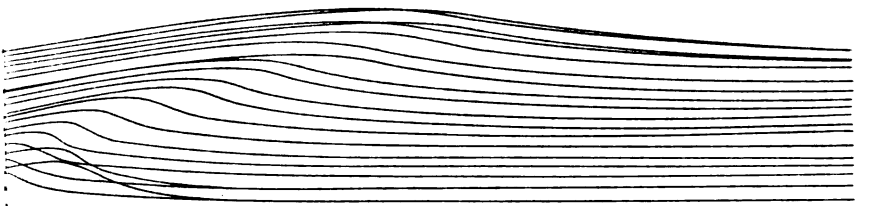


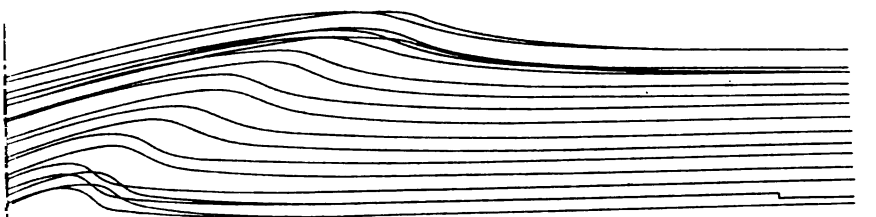
Fig. 11 R.

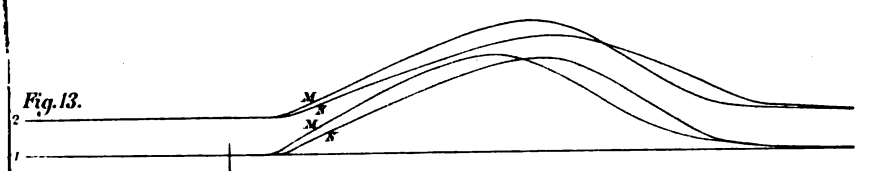


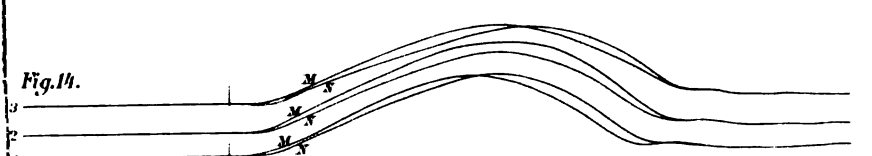
Digitized by Google

Digitized by Google









Digitized by Google

Digitized by Google

7383.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,

PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1892.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

ERSTES UND ZWEITES HEFT.

MIT SIEBEN ABBILDUNGEN IM TEXT UND SECHS TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1892.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 29. April 1892.)

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

J. v. Kries, Untersuchungen zur Mechanik des quergestreiften Muskels . . . 1

Rudolf Abele, Zur Methode der Flammen-Tachographie. (Hierzu Taf. I.) . . 22

J. Seegen, Zur Zuckerbildung in der Leber 34

G. Hüfner, Zur physikalischen Chemie der Schwimmblasengase. (Hierzu Taf. II.) 54

Johannes Frenzel, Beiträge zur vergleichenden Physiologie und Histologie der Verdauung. Erste Mittheilung. (Hierzu Taf. III u. IV.) 81

Leon Lilienfeld, Haematologische Untersuchungen. Erste Mittheilung. (Hierzu Taf. V u. VI.) 115

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1891—92 155

Max Levy, Ueber Blutfülle der Haut und Schwitzen. — René du Bois-Reymond, Ueber Prof. Pictet's gereinigtes Chloroform. — Herm. Munk macht drei Mittheilungen. — Katzenstein, Ueber die Medianstellung des Stimmbandes bei Recurrenslähmung. — N. Zuntz, Ueber die Stellung des Stimmbandes bei Lähmung des Nervus recurrens. — Gumlich, Ueber die Ausscheidung des Stickstoffs im Harn. — Leon Lilienfeld, Ueber Leukocyten und Blutgerinnung.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**
in Leipzig,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**
in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung**, die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

Digitized by Google

JUL 30 1892
7383

ARCHIV
FÜR
ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN
VON
DR. WILH. HIS,
PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,
UND
DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1892.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

DRITTES UND VIERTES HEFT.

MIT SIEBEN ABBILDUNGEN IM TEXT UND SECHS TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1892.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.
(Ausgegeben am 7. Juli 1892.)

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Max Dessoir, Ueber den Hautsinn 340

S. J. Meltzer, Die athemhemmenden und -anregenden Nervenfasern innerhalb des Vagus in ihren Beziehungen zu einander und zum Athemmechanismus. (Hierzu Tafel VII—XII.) 340

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die anatomische Abtheilung sind an

Professor Dr. **W. His**

in Leipzig,

Beiträge für die physiologische Abtheilung an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung**, die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

Digitized by Google

FEB 9 1893
7383

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS,
PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1892.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

FÜNFTES UND SECHSTES HEFT.

MIT FÜNF ABBILDUNGEN IM TEXT UND EINER TAFEL.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1892.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.
(Ausgegeben am 29. December 1892.)

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

F. Mall, Der Einfluss des Systems der Vena portae auf die Vertheilung des Blutes 409

Dr. Heinrich Boruttau, Zur Frage der specifischen Erregungszeit der motorischen Nervenendigungen. (Hierzu Taf. XIII.) 454

G. Hüfner, Beitrag zur Lehre von der Athmung der Eier 467

H. Chr. Geelmuyden, Von einigen Folgen übergrosser Blutfülle 480

Otto Frank, Die Resorption der Fettsäuren der Nahrungsfette mit Umgehung des Brustgangs 497

H. J. Hamburger, Ueber den Einfluss von Säure und Alkali auf defibrinirtes Blut 513

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1891—92:

Loewy, Ueber die Athmung im luftverdünnten Raum. — A. Kossel, Versuche des Hrn. Dr. Monti zur Demonstration der Reductionserscheinungen, welche nach dem Tode in thierischen Geweben auftreten — L. Lilienfeld. Ueber die mikrochemische Localisation des Phosphors in den Geweben. — L. Lilienfeld, Ueber den flüssigen Zustand des Blutes und die Blutgerinnung. — N. Zuntz, Beitrag zur Physiologie des Geschmacks.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die anatomische Abtheilung sind an

Professor Dr. **W. His** in Leipzig,

Beiträge für die physiologische Abtheilung an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Acme
Bookbinding Co., Inc.
300 Summer Street
Boston, Mass. 02210

Digitized by Google

3 2044 093 332 591

Digitized by Google